

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-116459

(43)Date of publication of application : 15.04.2004

(51)Int.Cl.

F02D 45/00

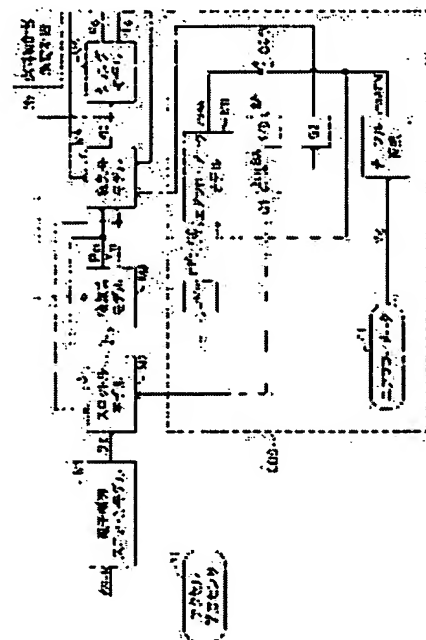
(21)Application number : 2002-283491 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 27.09.2002 (72)Inventor : TANAKA SATOSHI

(54) CYLINDER INTAKE AIR AMOUNT ESTIMATING DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cylinder intake air amount estimating device for an internal combustion engine capable of effectively reducing a steady error between actual cylinder intake air amount and estimated cylinder intake air amount.

SOLUTION: The cylinder intake air amount estimating device obtains cylinder intake air amount M_c by using an electronic controlled throttle model M_a , a throttle model M_2 , an intake pipe model M_3 , an intake valve model M_4 , and a cylinder model M_5 . An observer OBS corrects throttle passing air flow rate m_t estimated by the throttle model M_s and a cylinder intake air flow rate m_c estimated by the intake valve model M_4 so as to make time integral value SumSA of deviation SA between throttle passing air flow rate m_{tes} based on a value outputted by an air flow meter 61 to present throttle passing air flow $m_t(t-T_0)$ by the throttle model M_2 and present intake air flow rate m_{tAFM} measured by the air flow meter 61 become 0.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 26.05.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

A throttle passage air-flow-rate presumption means to presume the air flow rate which passes this throttle valve using the model about the air which passes the throttle valve arranged in an internal combustion engine's inhalation-of-air path as a presumed throttle passage air flow rate,
An inlet-valve passage air-flow-rate presumption means to presume the air flow rate which passes this inlet valve using the model about the air which passes the inlet valve which opens for free passage and intercepts said inhalation-of-air path and cylinder as a presumed inlet-valve passage air flow rate,

It is inhalation air content presumption equipment in a cylinder of the internal combustion engine having an inhalation air content presumption means in a cylinder to presume the inhalation air content in a cylinder inhaled by said cylinder based on said presumed throttle passage air flow rate and said presumed inlet-valve passage air flow rate at least,
with the air flow rate sensor which measures the intake air flow of this actual condition as a real intake air flow while generating the output value according to the actual intake air flow inhaled at said inhalation-of-air path The model about said air flow rate sensor is used. When it is assumed that said real intake air flow is said presumed throttle passage air flow rate, while presuming the output value which this air flow rate sensor will output An intake-air-flow presumption means to presume the intake air flow inhaled at said inhalation-of-air path based on the said-presumed output value as a presumed intake air flow,

An amendment means to amend said inlet-valve passage air-flow-rate presumption means so that said presumed inlet-valve passage air flow rate may be amended based on the deflection of said presumed intake air flow and said real intake air flow,

Inhalation air content presumption equipment in a cylinder of preparation *****.

[Claim 2]

In the inhalation air content presumption equipment in a cylinder of an internal combustion engine according to claim 1,

Said amendment means is inhalation air content presumption equipment in a cylinder of the internal combustion engine constituted so that said presumed throttle passage air flow rate might be amended based on the deflection of said presumed intake air flow and said real intake air flow and said throttle passage air-flow-rate presumption means might be amended.

[Claim 3]

It has a cylinder internal pressure presumption means to presume the pressure in this cylinder by count using the model about said cylinder which is inhalation air content presumption equipment in a cylinder of an internal combustion engine according to claim 1 or 2, and was called for based on the energy conservation law,

Said inlet-valve passage air-flow-rate presumption means is inhalation air content presumption equipment in a cylinder of the internal combustion engine constituted so that said presumed inlet-valve passage air flow rate might be presumed with the model about the air which passes said inlet valve which used the pressure in said presumed cylinder.

[Claim 4]

It is inhalation air content presumption equipment in a cylinder of an internal combustion engine

according to claim 3,

The model about the air which passes said inlet valve which said inlet-valve passage air-flow-rate presumption means uses is inhalation air content presumption equipment in a cylinder of the internal combustion engine which is the model obtained based on an energy conservation law, a law of conservation of momentum, and the conservation of mass.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the inhalation air content presumption equipment in a cylinder of the internal combustion engine which presumes the inhalation air content in a cylinder inhaled in an internal combustion engine's cylinder based on the model (a simulation model, physical model) of an inhalation-of-air system.

[0002]

[Description of the Prior Art]

In order to make into a predetermined value the air-fuel ratio of the gaseous mixture which burns with an internal combustion engine, it is necessary to calculate the amount (the following, the "inhalation air content M_c in a cylinder", and nominal ****.) of the air inhaled in this internal combustion engine's cylinder (the inside of a cylinder, combustion chamber) with a sufficient precision. Usually, an internal combustion engine's inhalation-of-air path is equipped with an air flow rate sensor, and the inhalation air content M_c in a cylinder is presumed with the output value of this air flow rate sensor. However, when throttle-valve opening changes a lot in time and an internal combustion engine is in transient operational status, it is difficult to calculate the inhalation air content M_c in a cylinder with a sufficient precision from the output value of said air flow rate sensor. Then, in recent years, the various attempts in which the value according to the inhalation air content M_c in a cylinder is presumed with a sufficient precision are made by using the model of the inhalation-of-air system expressed by the formula based on hydrodynamics etc. (see the following patent reference 1). Drawing 22 shows notionally what the applicant of this application is examining among such inhalation air content presumption equipment in a cylinder, and this inhalation air content presumption equipment in a cylinder is equipped with the electronics control throttle model M10, the throttle model M20, the inlet-valve model M30, and the inlet-pipe model M40.

[0003]

By the way, it decides, when an inlet valve closes the valve (inhalation-of-air valve-closing time), and the inhalation air content M_c in a cylinder has the relation proportional to the pressure in the cylinder in the time. Moreover, the pressure in the cylinder at the time of an inhalation-of-air valve-closing valve is the upstream of an inlet valve, and it can be considered that it is equal to the pressure P_m of the lower stream of a river of a throttle valve, i.e., the air pressure within inhalation of air, (pressure-of-induction-pipe force). The inhalation air content M_c in a cylinder is presumed from the air pressure P_m of inhalation of air which the inhalation air content presumption equipment in a cylinder shown in drawing 22 presumed the air pressure P_m of inhalation of air of an inhalation-of-air valve-closing time with models M10-M40, and was said-presumed from the above thing.

[0004]

If it states more concretely, the electronics control throttle model M10 will presume throttle-valve opening θ of an inhalation-of-air valve-closing time. The throttle model M20 presumes the air flow rate (presumed throttle passage air flow rate) m_t which passes a throttle valve with an energy conservation law, a law of conservation of momentum, the conservation of mass, and the model obtained based on the equation of state.

[0005]

The inlet-valve model M30 presumes the intake air flow mc in a cylinder (presumed inlet-valve passage air flow rate) from the air pressure Pm of inhalation of air, the air temperature Tm of inhalation of air, an intake-air temperature Ta , etc. That is, since it is thought that the intake air flow mc in a cylinder is proportional to the air pressure Pm of inhalation of air as mentioned above, the inlet-valve model M30 calculates the intake air flow mc in a cylinder according to the one following based on a rule of thumb.

[0006]

[Equation 1]

$mc = (Ta/Tm) \text{ and } (c-Pm-d)$

[0007]

A proportionality coefficient and a value d are a value (this value is considered to be the capacity in a cylinder at the time of exhaust valve clausilium.) showing the burnt gas to which the value c remained in the cylinder in one above. hereafter, it is simply called "the amount d of burnt gases". it is . The inlet-valve model M30 has memorized the table (a look-up table, map) which specifies the relation between the closing motion timing VT of engine-speed Ne and an inlet valve the amount $Lmax$ of the inlet-valve maximum lifts, etc. and a proportionality coefficient c and the amount d of burnt gases, respectively, and calculates a proportionality coefficient c and the amount d of burnt gases from the actual engine speed Ne , the actual inhalation-of-air valve-opening close timing VT and the amount $Lmax$ of the inlet-valve maximum lifts, and said memorized table. Moreover, the inlet-valve model M30 applies the air pressure Pm of inhalation of air and the air temperature Tm of inhalation of air of an inhalation-of-air valve-closing time just before already being presumed with the inlet-pipe model M40 later mentioned at the operation time (newest) to one above, and presumes the intake air flow mc in a cylinder.

[0008]

The inlet-pipe model M40 presumes the air pressure Pm of inhalation of air of an inhalation-of-air valve-closing time using the throttle passage air flow rate mt presumed with the throttle model M20 according to the formula based on the conservation of mass and an energy conservation law, respectively, and the intake air flow mc in a cylinder presumed with the inlet-valve model M30. And this inhalation air content presumption equipment in a cylinder presumes the inhalation air content Mc in a cylinder based on the air pressure Pm of inhalation of air of the inhalation-of-air valve-closing time presumed with said inlet-pipe model M40.

[0009]

[Patent reference 1]

JP,6-74076,A

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

In order that the applicant of this application may make small a steady error with the inhalation air content Mc in a cylinder presumed to be an actual inhalation air content in a cylinder as mentioned above and may raise the presumed precision of the said-presumed inhalation air content Mc in a cylinder to this kind of inhalation air content presumption equipment in a cylinder, it is examining adding the following observers (see the application for patent 2001-316350).

[0011]

Namely, the air flow meter which measures the actual intake air flow (real intake air flow) $mtAFM$ inhaled at this inhalation-of-air path while this observer is arranged in an internal combustion engine's inhalation-of-air path (air flow rate sensor), The air flow meter model which is a model about this air flow meter is used. When said real intake air flow assumes that it is the presumed throttle passage air flow rate mt presumed with said throttle model M20, while presuming the output value which this air flow meter will output It has an intake-air-flow presumption means to presume the intake air flow inhaled at said inhalation-of-air path based on the said-presumed output value as a presumed intake air flow $mtes$. The presumed throttle passage air flow rate mt presumed with this throttle model M20 according to the deflection of the presumed intake air flow $mtes$ and the real intake air flow $mtAFM$ is amended.

[0012]

By having added such an observer, when for example, the presumed intake air flow $mtes$ is smaller

than the real intake air flow mt_{AFM} , only the amount [air flow rate / mt / presumed throttle passage] according to the deflection of the presumed intake air flow mt_{es} and the real intake air flow mt_{AFM} is set up greatly, consequently said air pressure P_m of inhalation of air of a throttle-valve lower stream of a river increases, the inhalation air content Mc in a cylinder increases. Similarly, when the presumed intake air flow mt_{es} is larger than the real intake air flow mt_{AFM} , the inhalation air content Mc in a cylinder decreases. Thus, a steady error with the inhalation air content Mc in a cylinder presumed to be an actual inhalation air content in a cylinder becomes small.

[0013]

However, when an internal combustion engine is in the throttle full open steady operation condition that throttle-valve opening becomes fixed at the maximum opening, the air pressure P_m of inhalation of air of a throttle-valve lower stream of a river is large even to a value slightly smaller than the pressure (namely, atmospheric pressure P_a) of the throttle-valve upstream. Therefore, it becomes a value (value which shows a back flow) immediately negative in the presumption throttle passage air flow rate mt which the air pressure P_m of the said inhalation of air will become immediately larger than an atmospheric pressure P_a if the air pressure P_m of said inhalation of air is made to increase by increase of the according to above-mentioned observer when presumed intake air flow mt_{es} is [that an internal combustion engine is in said throttle full open steady operation condition] smaller than real intake air flow mt_{AFM} presumption throttle passage air flow rate mt , and is presumed with the throttle model $M20$. Therefore, the air pressure P_m of inhalation of air of a throttle-valve lower stream of a river had the problem that a steady error with the inhalation air content Mc in a cylinder which the inhalation air content Mc in a cylinder did not increase, either, since it could not increase, consequently was presumed to be an actual inhalation air content in a cylinder may remain.

[0014]

Therefore, the purpose of this invention is inhalation air content presumption equipment in a cylinder of the internal combustion engine which presumes the inhalation air content in a cylinder inhaled in an internal combustion engine's cylinder based on the model of an inhalation-of-air system, and is to offer what can reduce effectively a steady error with the inhalation air content in a cylinder presumed to be an actual inhalation air content in a cylinder.

[0015]

[Summary of the Invention]

A throttle passage air-flow-rate presumption means to presume the air flow rate which passes this throttle valve using the model about the air which passes the throttle valve by which the description of this invention was arranged in an internal combustion engine's inhalation-of-air path as a presumed throttle passage air flow rate, An inlet-valve passage air-flow-rate presumption means to presume the air flow rate which passes this inlet valve using the model about the air which passes the inlet valve which opens for free passage and intercepts said inhalation-of-air path and cylinder as a presumed inlet-valve passage air flow rate, An inhalation air content presumption means in a cylinder to presume the inhalation air content in a cylinder inhaled by said cylinder based on said presumed throttle passage air flow rate and said presumed inlet-valve passage air flow rate at least, with the air flow rate sensor which measures the intake air flow of this actual condition as a real intake air flow while the inhalation air content presumption equipment in a cylinder of preparation ***** generates the output value according to the actual intake air flow inhaled at said inhalation-of-air path The model about said air flow rate sensor is used. When it is assumed that said real intake air flow is said presumed throttle passage air flow rate, while presuming the output value which this air flow rate sensor will output An intake-air-flow presumption means to presume the intake air flow inhaled at said inhalation-of-air path based on the said-presumed output value as a presumed intake air flow, It is in having had an amendment means to amend said inlet-valve passage air-flow-rate presumption means so that said presumed inlet-valve passage air flow rate may be amended based on the deflection of said presumed intake air flow and said real intake air flow.

[0016]

Even if said amendment means is constituted in here so that said presumed inlet-valve passage air flow rate presumed by said inlet-valve passage air-flow-rate presumption means may be amended directly, and the said inlet-valve passage air-flow-rate presumption means may be amended In case the said inlet-valve passage air-flow-rate presumption means presumes this presumed inlet-valve

passage air flow rate, in using a predetermined parameter (multiplier) It may be constituted so that a parameter predetermined [this] may be amended, this presumed inlet-valve passage air flow rate may be amended as the result and the said inlet-valve passage air-flow-rate presumption means may be amended.

[0017]

Moreover, it is suitable to also constitute said throttle passage air-flow-rate presumption means so that said amendment means may amend said presumed throttle passage air flow rate in this case based on the deflection of said presumed intake air flow and said real intake air flow and it may amend. Even if said amendment means is constituted also in this case so that said presumed throttle passage air flow rate presumed by said throttle passage air-flow-rate presumption means may be amended directly, and the said throttle passage air-flow-rate presumption means may be amended In case the said throttle passage air-flow-rate presumption means presumes this presumed throttle passage air flow rate, in using a predetermined parameter (multiplier) It may be constituted so that a parameter predetermined [this] may be amended, this presumed throttle passage air flow rate may be amended as the result and the said throttle passage air-flow-rate presumption means may be amended.

[0018]

According to these, as an amendment means amends a presumed inlet-valve passage air flow rate based on the deflection of a presumed intake air flow and a real intake air flow, an inlet-valve passage air-flow-rate presumption means is amended. Therefore, without making the air pressure P_m of inhalation of air of the above-mentioned throttle-valve lower stream of a river increase, as the column of the technical problem which the above-mentioned invention tends to solve described, when a presumed intake air flow is smaller than a real intake air flow It becomes possible to make the inhalation air content in a cylinder (M_c) inhaled by the cylinder which a presumed inlet-valve passage air flow rate (intake air flow m_c in a cylinder) can be made to increase directly, consequently is presumed by the inhalation air content presumption means in a cylinder increase.

[0019]

Therefore, even if it is the case where throttle-valve opening has an internal combustion engine in the throttle full open steady operation condition which becomes fixed at the maximum opening and which was mentioned above, the air-fuel ratio of the gaseous mixture which can reduce certainly a steady error with the inhalation air content in a cylinder (M_c) presumed to be an actual inhalation air content in a cylinder, consequently burns with an internal combustion engine can be made into a predetermined value with a sufficient precision irrespective of the size relation of said presumed intake air flow and said real intake air flow.

[0020]

Moreover, above-mentioned one of internal combustion engines' inhalation air content presumption equipment in a cylinder It has a cylinder internal pressure presumption means to presume the pressure in this cylinder by count using the model about said cylinder called for based on the energy conservation law. It is suitable for said inlet-valve passage air-flow-rate presumption means to be constituted so that said presumed inlet-valve passage air flow rate may be presumed with the model about the air which passes said inlet valve which used the pressure in said presumed cylinder.

[0021]

According to this, the pressure in a cylinder (cylinder internal pressure) is called for by count. Moreover, if cylinder internal pressure is called for, an inlet-valve passage air-flow-rate presumption means will become possible [calculating a presumed inlet-valve passage air flow rate (intake air flow m_c in a cylinder) by count] with "the model about the air which passes an inlet valve" which used this cylinder internal pressure. Therefore, it becomes possible to calculate the inhalation air content in a cylinder (M_c) with a sufficient precision, without suiting the table values (the above-mentioned proportionality coefficient c , the amount d of burnt gases, etc.) over the combination of many parameters.

[0022]

In this case, it is suitable for the model about the air which passes said inlet valve which said inlet-valve passage air-flow-rate presumption means uses that it is the model obtained based on an energy conservation law, a law of conservation of momentum, and the conservation of mass. Since a

presumed inlet-valve passage air flow rate (intake air flow mc in a cylinder) is calculable with the model (formula) expressed not according to a rule of thumb but according to the physical law according to this, the presumed precision of the inhalation air content in a cylinder (Mc) can be improved.

[0023]

[Embodiment of the Invention]

It explains referring to a drawing hereafter about the operation gestalt of the fuel-oil-consumption control unit containing the inhalation air content presumption equipment in a cylinder of the internal combustion engine by this invention. Drawing 1 shows the outline configuration of the system which applied this fuel-oil-consumption control unit to the jump-spark-ignition type Taki cylinder (for example, 4-cylinder) internal combustion engine 10.

[0024]

The internal combustion engine 10 contains the induction system 40 for supplying a gasoline mixture to the cylinder block section 20 containing a cylinder block, a cylinder block ROWA case, an oil pan mechanism, etc., the cylinder head section 30 fixed on the cylinder block section 20, and the cylinder block section 20, and the exhaust system 50 for emitting the exhaust gas from the cylinder block section 20 outside.

[0025]

The cylinder block section 20 contains the cylinder 21, the piston 22, the connecting rod 23, and the crankshaft 24. The inside of a cylinder 21 is reciprocated, reciprocation of a piston 22 is transmitted to a crankshaft 24 through a connecting rod 23, and, thereby, this crankshaft 24 rotates a piston 22. The head of a cylinder 21 and a piston 22 forms the combustion chamber 25 with the cylinder head section 30.

[0026]

The cylinder head section 30 While the intake cam shaft which drives the inlet valve 32 which opens and closes the suction port 31 which was open for free passage to the combustion chamber 25, and a suction port 31, and an inlet valve 32 is included Actuator 33a of inhalation-of-air valve-control equipment 33 and inhalation-of-air valve-control equipment 33 which can change continuously the phase angle of this intake cam shaft, and the amount of valve lifts of this inlet valve 32 (the amount of the maximum valve lifts), The exhaust air port 34 and the exhaust air port 34 which were open for free passage to the combustion chamber 25 The exhaust valve 35 and exhaust valve 35 which are opened and closed It has the ignitor 38 containing the ignition coil which generates the high voltage given to the exhaust cam shaft 36 to drive, an ignition plug 37, and an ignition plug 37, and the injector (fuel-injection means) 39 which injects a fuel in a suction port 31.

[0027]

The induction system 40 is equipped with the air filter 42 prepared in the edge of the inlet pipe 41 containing the intake manifold which is open for free passage to a suction port 31, and forms an inhalation-of-air path with this suction port 31, and an inlet pipe 41, the throttle valve 43 which is in an inlet pipe 41 and makes adjustable the opening cross-sectional area of an inhalation-of-air path, and the swirl control valve (the following, "SCV", and nominal ****.) 44. The rotation drive of the throttle valve 43 is carried out within an inlet pipe 41 by throttle-valve actuator 43a which consists of a DC motor. While SCV44 is supported by said throttle valve 43 rotatable to said inlet pipe 41 on a lower stream of a river in an upstream location rather than said injector 39, the rotation drive of it is carried out by SCV actuator 44a which consists of a DC motor.

[0028]

Drawing 2 is the outline top view of the near parts of the combustion chamber 25 of one gas column (specific gas column), and this combustion chamber 25. As shown in drawing 2, said suction port 31 consists of suction ports 31a and 31b prepared in each gas column the pair every in fact. Suction-port 31a is formed in the shape of helical one, and constitutes the so-called swirl port so that a swirl (revolution style) may be generated in a combustion chamber 25, and suction-port 31b constitutes the so-called straight port. Septum 41a extended along with the longitudinal direction of an inlet pipe 41 into the part (namely, a part of intake manifold) which reaches each combustion chamber 25 from the surge tank (Sign SG shows drawing 1.) of an inlet pipe 41 is formed, and, thereby, the inlet pipe 41 is divided by the 1st intake manifold 45 which is open for free passage to suction-port 31a, and

the 2nd intake manifold 46 which is open for free passage to suction-port 31b. Suitably, free passage way 41b of septum 41a which opens the 1st and 2nd intake manifold 45 and 46 for free passage in a part is formed, it is fixed to the near location of this free passage way 41b, and said injector 39 injects a fuel towards suction ports 31a and 31b.

[0029]

The 2nd intake manifold 46 is equipped with said SCV44. Therefore, if SCV44 blockades the 2nd intake manifold 46, air (gaseous mixture) will mainly pass suction-port 31a, and will be inhaled in a combustion chamber 25, a swirl will occur in this combustion chamber 25, and combustion with a thin air-fuel ratio will thereby overly be attained. On the other hand, if SCV44 opens the 2nd intake manifold 46, air passes both the suction ports 31a and 31b, and is inhaled in a combustion chamber 25, and thereby, the air content inhaled in a combustion chamber 25 will increase, and it will become possible to increase a power.

[0030]

If drawing 1 is referred to again, the exhaust system 50 is equipped with the catalytic converter (three-way catalytic converter) 53 infixed in the exhaust pipe 52 connected to the exhaust manifold 51 which was open for free passage in the exhaust air port 34, and the exhaust manifold 51, and the exhaust pipe 52.

[0031]

On the other hand, this system is equipped with the heat ray type air flow meter 61, the intake temperature sensor 62, the atmospheric-pressure sensor (throttle-valve top fluid pressure force sensor) 63, the throttle position sensor 64, the SCV opening sensor 65, the cam position sensor 66, the amount sensor 67 of inhalation-of-air valve lifts, the crank position sensor 68, the coolant temperature sensor 69, O₂ sensor 70, and the accelerator opening sensor 71 as an air flow rate sensor.

[0032]

The air flow meter 61 consists of the bypass path which makes a part of inhalation air which flows the inside of an inlet pipe 41 bypass, heat ray metering zone 61a which measures the mass flow rate of the inhalation air bypassed by this bypass path, and signal-processing section 61b which outputs the electrical potential difference V_g (output value) according to the measured mass flow rate, as shown in drawing 3 which is an outline perspective view. The resistance 61a1 for intake-air temperature measurement which consists of a platinum heat ray as heat ray metering zone 61a was shown in drawing 4 which is the expansion perspective view (bobbin section). It has the support section 61a2 which connects the resistance 61a1 for the said intake-air temperature measurement with said signal-processing section 61b, and holds it, the resistance 61a3 for heating (heater), and the support section 61a4 which connects the resistance 61a3 for the said heating with said signal-processing section 61b, and holds it. Signal-processing section 61b has the bridge circuit which consists of resistance 61a1 for intake-air temperature measurement, and resistance 61a3 for heating, and this power to supply is transformed into said electrical potential difference V_g , and it outputs it while it adjusts the power supplied to the resistance 61a3 for the said heating so that the temperature gradient of the resistance 61a1 for intake-air temperature measurement and the resistance 61a3 for heating may always be uniformly maintained by this bridge circuit. The output V_g of an air flow meter 61 and the relation of the intake air flow $mtAFM$ as a real intake air flow are as having been shown in drawing 5.

[0033]

It has the intake temperature sensor 62 in the air flow meter 61, it detects the temperature of inhalation air, and outputs the signal showing an intake-air temperature T_a . The atmospheric-pressure sensor 63 detects the pressure (namely, atmospheric pressure) of the upstream of a throttle valve 43, and outputs the signal showing the throttle-valve upstream pressure P_a . A throttle position sensor 64 detects the opening (throttle-valve opening) of a throttle valve 43, and outputs the signal showing the throttle-valve opening TA . The SCV opening sensor 65 detects the opening of SCV44, and outputs the signal showing SCV opening θ_{SCV} .

[0034]

the cam position sensor 66 generates the signal (G_2 signal) which has one pulse, whenever 90 degrees of intake cam shafts rotate, and 180 degrees of crankshafts 24 rotate namely,. The amount

sensor 67 of inhalation-of-air valve lifts detects the amount of lifts of an inlet valve 31, and when an inlet valve is a close by-pass bulb completely, it outputs the signal showing the amount L of inhalation-of-air valve lifts which takes the value of "0." The crank position sensor 68 outputs the signal which has a broad pulse, whenever 360 degrees of these crankshafts 24 rotate, while having a narrow pulse, whenever 10 degrees of crankshafts 24 rotate. This signal expresses an engine speed Ne. A coolant temperature sensor 69 detects the temperature of an internal combustion engine's 10 cooling water, and outputs the signal showing the cooling water temperature THW. O2 sensor 70 outputs the signal according to the oxygen density in the exhaust gas which flows into a catalytic converter 53. The accelerator opening sensor 71 outputs the signal showing the control input Accp of the accelerator pedal 82 operated by the operator.

[0035]

The program which CPU81 and CPU81 to which the electrical control unit 80 of each other was connected by bus perform, A table (map), Where RAM83 and the power source in which ROM82 and CPU81 which memorized the constant etc. beforehand store data temporarily if needed are switched on, while storing data It is the microcomputer which consists of interface 85 grade containing the backup RAM 84 which holds the said-stored data also while the power source is intercepted, and an AD converter. An interface 85 sends out a driving signal to actuator 33a of inhalation-of-air valve-control equipment 33, an ignitor 38, an injector 39, throttle-valve actuator 43a, and SCV actuator 44a according to directions of this CPU81 while it connects with said sensors 61-71 and it supplies the signal from sensors 61-71 to CPU81.

[0036]

Next, the decision approach (the presumed approach of the inhalation air content Mc in a cylinder) of fuel oil consumption using the simulation model by the fuel-oil-consumption control device constituted as mentioned above is explained. The processing described below is made when CPU81 performs a program:

[0037]

(The presumed approach of of the decision approach and the inhalation air content Mc in a cylinder of fuel oil consumption fc)

Before the inlet valve 32 of the gas column which exists like an inhalation-of-air line closes a fuel-oil-consumption control unit, it must inject a fuel to this gas column. Moreover, even if it is the internal combustion engine of the format which injects a fuel directly in a combustion chamber 25, before ending like an inhalation-of-air line, it is necessary to inject a fuel. For this reason, a fuel-oil-consumption control unit is predicted before an inlet valve closes the inhalation air content Mc in a cylinder which is probably inhaled in this gas column (to namely, inhalation-of-air valve-closing time), when an inlet valve 32 closes, and it determines fuel oil consumption (basic injection quantity) fc based on the two following. In several 2, K is a multiplier based on the setting air-fuel ratio which changes according to operational status.

[0038]

[Equation 2]

$fc = K \cdot Mc$

[0039]

If it states more concretely, a fuel-oil-consumption control device (inhalation air content presumption equipment in a cylinder) will presume the inhalation air content Mc in a cylinder using the simulation model of the electronics control throttle model M1, the throttle model M2, the inlet-pipe model M3, the inlet-valve model M4, and the cylinder model M5, as shown in drawing 6 . In addition, the throttle model M2 functions as a throttle passage air-flow-rate presumption means, the inlet-valve model M4 functions as an inlet-valve passage air-flow-rate presumption means, and while the cylinder model M5 functions as a cylinder internal pressure presumption means, said models M1-M5 constitute an inhalation air content presumption means in a cylinder to presume the inhalation air content Mc in a cylinder inhaled in a cylinder 21.

[0040]

(Electronics control throttle model M1)

The electronics control throttle model M1 is a model which presumes throttle-valve opening thetat in the time of day t of the predetermined time T0 point from this time based on the accelerator pedal

control input Accp to this time. The accelerator pedal control input Accp detected by the accelerator opening sensor 71 by the throttle-valve electronics control logic A1 in this operation gestalt Based on the table which specifies the relation between the accelerator pedal control input Accp shown in drawing 7 , and target throttle-valve opening thetar, the provisional target throttle-valve opening thetar1 is called for. It is determined as target throttle-valve opening thetar with the final value from which only predetermined time T (for example, 64msec) delayed this provisional target throttle-valve opening thetar1. And the throttle-valve electronics control logic A1 (electrical control unit 80) sends out a driving signal to throttle-valve actuator 43a so that the actual throttle-valve opening TA may be set to target throttle-valve opening thetar.

[0041]

Thus, since target throttle-valve opening thetar is equal to the provisional target throttle-valve opening thetar1 as which only predetermined time T was determined according to the accelerator pedal control input Accp at the last time from this time, it is [target throttle-valve opening thetar in the previous time of day t] equal to the provisional target throttle-valve opening thetar1 in front of [this time to] time amount (T-T0). [of this time to the predetermined time T0] Moreover, the provisional target throttle-valve opening thetar1 in front of [this time to] time amount (T-T0) is equal to throttle-valve opening thetat, if the actuation time delay of throttle-valve actuator 43a is disregarded. Based on such an idea, as for the electronics control throttle model M1, only predetermined time T0 presumes throttle-valve opening thetat in the previous time of day t from this time. That is, only predetermined time T0 presumes the provisional target throttle-valve opening thetar1 in front of [this time to] time amount (T-T0) from this time as throttle-valve opening thetat in the previous time of day t. In addition, the actuation time delay of throttle-valve actuator 43a may be added to consideration, and throttle-valve opening thetat may be presumed.

[0042]

(Throttle model M2)

The throttle model M2 is a model which presumes the air flow rate (presumed throttle passage air flow rate) mt which passes a throttle valve 43 based on the three following and the four following which were obtained based on physical laws, such as the law of conservation of energy, a law of conservation of momentum, the conservation of mass, and an equation of state. The flow coefficient from which Ct (thetat) changes in the three following and the four following according to throttle-valve opening thetat, The throttle opening area from which At (thetat) changes according to throttle-valve opening thetat (opening area of an inlet pipe 41), For the air temperature of inhalation of air, and R, a gas constant and kappa are [Pa / a throttle-valve upstream pressure (namely atmospheric pressure) and Pm / the air pressure of inhalation of air (pressure-of-induction-pipe force), and Ta / an intake-air temperature (atmospheric temperature) and Tm] the ratio of specific heat (kappa is hereafter treated as constant value.). it is . In the case of a descending style, the throttle-valve upstream pressure Pa uses several 3 from the air pressure Pm of inhalation of air, and, in the back flow with the throttle-valve upstream pressure Pa smaller than the air pressure Pm of inhalation of air, several 4 is used for the throttle model M2. Consequently, in the case of said forward feed, in said back flow, in a forward value, the throttle passage air flow rate mt is calculated so that a negative value may be taken, respectively.

[0043]

[Equation 3]

$$mt = Ct(\theta t)At(\theta t)Pa \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RTa}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{Pm}{Pa} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2}$$

[0044]

[Equation 4]

$$mt = -Ct(\theta t)At(\theta t)Pm \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RTm}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{Pa}{Pm} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2}$$

[0045]

In three above and several 4, only this time θ_{at} was presumed to be with the electronics control throttle model M1 to the predetermined time T_0 is the presumed throttle-valve opening in the previous time of day t . While the throttle model M2 asks for a coefficient of discharge C_t (θ_{at}) using the table shown in drawing 8 which specified the relation between throttle-valve opening θ_{at} and a coefficient of discharge C_t (θ_{at}), and said presumed throttle-valve opening θ_{at} . It asks for the opening area A_t (θ_{at}) using the table shown in drawing 9 which specified the relation between throttle-valve opening θ_{at} and the opening area A_t (θ_{at}), and said presumed throttle-valve opening θ_{at} . In addition, the throttle model M2 may be constituted so that the product value C_t (θ_{at}) and A_t (θ_{at}) may be calculated at a stretch using the table shown in drawing 10 which specified the relation between throttle-valve opening θ_{at} , and the product value C_t (θ_{at}) of a flow coefficient C_t (θ_{at}) and the opening area A_t (θ_{at}) and A_t (θ_{at}), and said presumed throttle-valve opening θ_{at} .

[0046]

Moreover, the throttle model M2 acquires from the inlet-pipe model M3 which mentions the air pressure P_m of inhalation of air, and the air temperature T_m of inhalation of air later, calculates three above or several 4 using these values, and presumes the throttle passage air flow rate m_t in time of day t while it acquires the throttle-valve upstream pressure P_a and an intake-air temperature T_a from the atmospheric pressure sensor 63 and an intake temperature sensor 62, respectively.

[0047]

Here, the derivation process of several 3 and several 4 which described the above-mentioned throttle model M2 is explained. When the opening cross-sectional area of the upstream of a throttle valve 43 is set to A_u , the rate of flow of ρ_{ou} and air is set to v_u for air density and the rate of flow of the air which passes [the opening cross-sectional area of the inlet pipe 41 by the throttle valve 43] ρ_{hd} and a throttle valve 43 for the air density of A_d and a there is now set to v_d , the throttle passage air flow rate m_t is expressed with the five following. Several five can be said to be the formula which described the conservation of mass.

[0048]

[Equation 5]

$$M_t = A_d \cdot \rho_d \cdot v_d = A_u \cdot \rho_u \cdot v_u$$

[0049]

On the other hand, when mass of air is set to m , kinetic energy is $m \cdot v_u^2 / 2$ in the upstream of a throttle valve 43, and is $m \cdot v_d^2 / 2$ in the location which passes a throttle valve 43. On the other hand, heat energy is $m \cdot C_p \cdot T_u$ in the upstream of a throttle valve 43, and $m \cdot C_p \cdot T_d$ in the location which passes a throttle valve 43. Therefore, the six following are obtained by the law of conservation of energy. In addition, T_u is [the air temperature of a throttle-valve lower stream of a river and C_p of the air temperature of the throttle-valve upstream and T_d] specific heat at constant pressure.

[0050]

[Equation 6]

$$m \cdot v_u^2 / 2 + m \cdot C_p \cdot T_u = m \cdot v_d^2 / 2 + m \cdot C_p \cdot T_d$$

[0051]

By the way, since the seven following and the ratio of specific heat κ are shown by the eight following and Mayer's relation is shown by the nine following, an equation of state is expressed for $C_p \cdot T$ like [with the ten following] from several 7 - a-nine number. In addition, for a gaseous pressure and ρ , a gaseous consistency and T are [P / a gas constant and C_v of gaseous temperature and R] specific heat at constant volume.

[0052]

[Equation 7]

$$P = \rho \cdot R \cdot T$$

[0053]

[Equation 8]

$$\kappa = C_p / C_v$$

[0054]

[Equation 9]

$$C_p = C_v + R$$

[0055]

[Equation 10]

$$C_p - T = \left\{ \frac{\kappa}{\kappa - 1} \right\} - (P/\rho)$$

[0056]

The 11 following will be obtained if several 6 based on the above-mentioned law of conservation of energy is rewritten using relation with ten above.

[0057]

[Equation 11]

$$v_u^2/2 + \left\{ \frac{\kappa}{\kappa - 1} \right\} - (P_u/\rho_u) = v_d^2/2 + \left\{ \frac{\kappa}{\kappa - 1} \right\} - (P_d/\rho_d)$$

[0058]

And considering the infinity upstream of a throttle valve 43, since it is $A_u = \text{infinity}$ and $v_u = 0$, 11 above based on the law of conservation of energy is rewritten by the 12 following.

[0059]

[Equation 12]

$$\left\{ \frac{\kappa}{\kappa - 1} \right\} - (P_u/\rho_u) = v_d^2/2 + \left\{ \frac{\kappa}{\kappa - 1} \right\} - (P_d/\rho_d)$$

[0060]

Next, momentum is described. The 13 following will be obtained if the mean pressure of the fixed space which connects between the parts of P_d and the cross section A_u and the parts of the cross section A_u for the pressure which joins the parts of P_u and the cross section A_d in the pressure which joins the part of the cross section A_u is set to P_{mean} .

[0061]

[Equation 13]

$$\rho_d v_d^2, A_d \rho_u v_u^2, \text{ and } A_u = P_u A_u - P_d A_d + P_{\text{mean}} (A_d - A_u)$$

[0062]

If $A_u = \text{infinity}$ and $v_u = 0$ are taken into consideration, since the 14 following will be obtained by 13 above, the relation (relation based on a law of conservation of momentum) about momentum with the same number 14 and 13 above to the 15 following is obtained.

[0063]

[Equation 14]

$$P_{\text{mean}} = P_u$$

[0064]

[Equation 15]

$$\rho_d v_d^2 = P_u - P_d$$

[0065]

Therefore, the 16 following are obtained from five above, 12 above, and 15 above.

[0066]

[Equation 16]

$$m_t = A_d \sqrt{P_u \cdot \rho_u} \sqrt{\left(\frac{P_d}{P_u} + \frac{1}{2} \frac{\kappa - 1}{\kappa} \left(1 - \frac{P_d}{P_u} \right) \right) \left(1 - \frac{P_d}{P_u} \right)}$$

[0067]

P_u is the throttle-valve upstream pressure P_a , and in 16 above, since P_d is the air pressure P_m of inhalation of air, C_t (thetat) is introduced for a flow coefficient, and if the opening cross section A_d is reset with the opening area A_t (thetat) and is arranged, three above will be obtained. Since it is the same as that of a derivation process with three above, the derivation process with four above is skipped.

[0068]

(Inlet-pipe model M3)

The inlet-pipe model M3 is a model which calculates the air pressure P_m of inhalation of air, and the air temperature T_m of inhalation of air from the air flow rate m_c (namely, a presumed inlet-valve passage air flow rate, the intake air flow in a cylinder) which flows out of the 17 following based on the conservation of mass and the law of conservation of energy and the 18 following, the throttle (presumption) passage air flow rate m_t , the throttle passage air temperature (namely, inhalation air temperature) T_a , and an inlet pipe, respectively. In addition, in the 17 following and the 18 following, V_m is the volume of the inlet pipe 41 (they are only an "inhalation-of-air tube part" and nominal **** hereafter.) from a throttle valve 43 to an inlet valve 32.

[0069]

[Equation 17]

$$d(P_m/T_m)/dt = (R/V_m) \text{ and } (m_t - m_c)$$

[0070]

[Equation 18]

$$DP_m/dt = \kappa, (R/V_m), \text{ and } (m_t - T_a - m_c - T_m)$$

[0071]

The inlet-pipe model M3 acquires the throttle passage air flow rate m_t in 17 above and 18 above from the throttle model M2, and acquires it from the inlet-valve model M4 which mentions the intake air flow m_c in a cylinder later. And count based on several 17 and several 18 is performed, and it asks for the air pressure P_m of inhalation of air of time of day t , and the air temperature T_m of inhalation of air of time of day t .

[0072]

Here, the derivation process of several 17 and several 18 which described the above-mentioned inlet-pipe model M3 is explained. If the total air content of an inhalation-of-air tube part is now set to M , since the temporal response of the total air content M is the difference of the intake air flow m_c in a cylinder equivalent to the throttle passage air flow rate m_t equivalent to the air content which flows into an inhalation-of-air tube part, and the air content which flows out of this inhalation-of-air tube part, the 19 following based on the conservation of mass will be obtained.

[0073]

[Equation 19]

$$dM/dt = m_t - m_c$$

[0074]

Moreover, since an equation of state becomes the 20 following, 17 above based on the conservation of mass is obtained by eliminating the total air content M from 19 above and the 20 following.

[0075]

[Equation 20]

$$P_m - V_m = M - R - T_m$$

[0076]

Next, if the law of conservation of energy about an inhalation-of-air tube part is examined, it will be thought that the volume V_m of an inhalation-of-air tube part does not change, and most energy contributes it to a temperature rise in this case (kinetic energy can be disregarded). Therefore, since the amount of temporal responses of energy $M - C_v - T_m$ of the air of an inhalation-of-air tube part is equal to the difference of energy $C_p - m_t - T_a$ of the air which flows into this inhalation-of-air tube part, and energy $C_p - m_c - T_m$ of the air which flows out of this inhalation-of-air tube part, the 21 following are obtained.

[0077]

[Equation 21]

$$d(M - C_v - T_m)/dt = C_p - m_t - T_a - C_p - m_c - T_m$$

[0078]

18 above is obtained by transforming this several 21 using eight ($\kappa = C_p/C_v$) above and 20 ($P_m - V_m = M - R - T_m$) above.

[0079]

(Inlet-valve model M4)

The inlet-valve model M4 is a model which presumes the air flow rate (namely, a presumed inlet-valve passage air flow rate, the intake air flow in a cylinder) m_c which passes through the perimeter

of an inlet valve 32 according to the 22 following and the 23 following which were obtained based on the law of conservation of energy, a law of conservation of momentum, the conservation of mass, an equation of state, etc. Several 22 and the derivation process of 23 are the same as that of the case of the above-mentioned throttle model M2. In several 22 and several 23, the area of the flow coefficient from which $C_v(L)$ changes according to the amount L of lifts of an inlet valve 32, and opening formed in the perimeter of an inlet valve 32 to which $A_v(L)$ changes according to the amount L of the said lifts, and P_c are cylinder internal pressure (pressure P_c in a cylinder 21). In the case of a descending style, the air pressure P_m of inhalation of air uses several 22 from the cylinder internal pressure P_c , and, in the back flow with the air pressure P_m of inhalation of air smaller than the cylinder internal pressure P_c , several 23 is used for the inlet-valve model M4. Consequently, in the case of said forward feed, in said back flow, in a forward value, the intake air flow m_t in a cylinder (presumed inlet-valve passage air flow rate) is calculated so that a negative value may be taken, respectively.

[0080]

[Equation 22]

$$m_c = C_v(L)A_v(L)P_m \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_m}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_c}{P_m} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2}$$

[0081]

[Equation 23]

$$m_c = -C_v(L)A_v(L)P_c \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_c}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_m}{P_c} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2}$$

[0082]

Only predetermined time T_0 presumes the inlet-valve model M4 based on the amount L of valve lifts and engine speed N_e at present to which the amount sensor 67 of inhalation-of-air valve lifts has detected amount of valve lifts $L(t)$ in the previous time of day t from this time. And the table shown in drawing 11 which specified the amount L of valve lifts, the product value $C_v(L)$, and relation with $A_v(L)$, the product value $C_v(L)$ used by 22 above and 23 above based on said amount of presumed valve lifts $L(t)$, and $A_v(L)$ are calculated.

[0083]

Moreover, the inlet-valve model M4 acquires from the cylinder model M5 which mentions the cylinder internal pressure P_c and the air temperature T_c in a cylinder later, is calculating 22 above or 23 above using these variables, and presumes the intake air flow m_c in a cylinder in time of day t while it acquires the air pressure P_m of inhalation of air, and the air temperature T_m of inhalation of air from the inlet-pipe model M3.

[0084]

(Cylinder model M5)

The cylinder model M5 is a model which asks for the cylinder internal pressure P_c and the air temperature T_c in a cylinder according to the 24 following based on the law of conservation of energy about a cylinder 21. As shown in drawing 12, V_c of the 24 following The volume of a cylinder 21, The air temperature of inhalation of air with T_m equal to the temperature T_i of the air inhaled by the cylinder 21, The air flow rate which flows out of said inhalation-of-air tube part with m_c equal to the air flow rate m_i inhaled in a cylinder 21 (inside of a cylinder), and Q are heating values (the amount of temporal responses of a heating value, heat flow) transmitted among the cylinder 21 and said cylinder 21 exteriors (a cylinder wall, suction port, etc.).

[0085]

[Equation 24]

$$\frac{dP_c}{dt} = \frac{\kappa RT_m}{V_c} m_c - \frac{\kappa P_c}{V_c} \frac{dV_c}{dt} + (\kappa - 1) \frac{Q}{V_c}$$

[0086]

The intake air flow m_c in a cylinder of the time of day t in 24 above is given with the inlet-valve model M4 (22 above or 23 above), and the air temperature T_m of inhalation of air of this time of day t is given with the inlet-pipe model M3. Moreover, since the cylinder capacity V_c of time of day t can be known based on whenever [crank angle], if the 3rd term of the right-hand side with 24 above (term of a heating value) is disregarded, the cylinder internal pressure P_c in time of day t can be theoretically obtained using 24 above.

[0087]

Here, a derivation process with 24 above is explained. First, if E is work of as opposed to [as opposed to / for the energy in a cylinder and h / enthalpy] a piston for W , the 25 following can be obtained by the law of conservation of energy about a cylinder 21.

[0088]

[Equation 25]

$$dE/dt = m_c h - dW/dt + Q$$

[0089]

Now, u , then the 26 following are materialized in internal energy, and an equation of state is a passage with the 27 following. Moreover, the 28 following and the 29 following are materialized from eight ($\kappa = C_p/C_v$) above which are the formula of the ratio of specific heat κ , and nine ($C_p = C_v + R$) above which are a Mayer's relation type. In addition, let M_{cy} be an air content in a cylinder 21.

[0090]

[Equation 26]

$$u = C_v T_c$$

[0091]

[Equation 27]

$$M_{cy} T_c = P_c V_c / R$$

[0092]

[Equation 28]

$$C_v = R / (\kappa - 1)$$

[0093]

[Equation 29]

$$C_p = \kappa R / (\kappa - 1)$$

[0094]

Therefore, the 30 following are materialized about left part dE/dt of several 25 from several 26 - a-28 number.

[0095]

[Equation 30]

$$dE/dt = d(M_{cy} u)/dt = d(M_{cy} C_v T_c)/dt = d\{P_c V_c / (\kappa - 1)\} / dt$$

[0096]

on the other hand -- 1st term $m_c h$ of the right-hand side of several 25 -- the following from a definition and 29 above of enthalpy with the 31 following -- 32 is materialized.

[0097]

[Equation 31]

$$h = C_p T_m$$

[0098]

[Equation 32]

$$m_c h = m_c \{ \kappa R / (\kappa - 1) \} T_m$$

[0099]

Furthermore, since Work W is expressed with the 33 following, the 34 following are materialized

about 2nd term dW/dt of the right-hand side with 25 above.

[0100]

[Equation 33]

$$dW=P_c-dV_c$$

[0101]

[Equation 34]

$$dW/dt=P_c-dV_c/dt$$

[0102]

24 above will be obtained if several 25 is rewritten and arranged by several 30, several 32, and several 34.

[0103]

Moreover, the cylinder model M5 asks for the air temperature T_c in a cylinder according to the 35 following which are an equation of state. Time quadrature of several 35 Mc1 is carried out, and it is calculated until it asks for the air temperature T_c in a cylinder, after an inlet valve 32 opens the intake air flow m_c in a cylinder of several 22 or several 23.

[0104]

[Equation 35]

$$T_c=(P_c-V_c)/(M_{c1} \text{ and } R)$$

[0105]

According to the above-mentioned principle, the cylinder internal pressure P_c and the air temperature T_c in a cylinder are called for with 24 above and 35 above of the cylinder model M5, respectively, and the intake air flow m_c in a cylinder is obtained by several 22 or several 23 based on these. Therefore, by carrying out time quadrature till the time of day t_f which this inlet valve 32 closes from the time of day to when the inlet valve 23 opened the intake air flow m_c in a cylinder, this fuel-oil-consumption control unit presumes the inhalation air content M_c (inhalation air total amount S_{mc}) in a cylinder inhaled in a cylinder 21 like 1 inhalation-of-air line, and determines fuel oil consumption f_c based on this value M_c and two above.

[0106]

(Amelioration when mounted in an electrical control unit 80)

Since a value can disregard small the heat transfer Q of the 3rd term of the right-hand side with 24 above, it is discretized like [with the 36 following] and usually mounts 24 above in an electrical control unit 80. Here, Δt is computation time spacing of the cylinder internal pressure P_c .

[0107]

[Equation 36]

$$P_c(t + \Delta t) = P_c(t) + \left\{ \frac{\kappa R T_m}{V_c} m_c - \frac{\kappa P_c}{V_c} \frac{dV_c}{dt} \right\} \Delta t$$

[0108]

However, when it actually asked for the cylinder internal pressure P_c by this technique, as the alternate long and short dash line of drawing 13 showed, this cylinder internal pressure P_c was sharply changed in response to the effect of discretization, and it became clear that it differed from a true value greatly. Then, in this operation gestalt, while the value Q of the 3rd term of the right-hand side of several 24 is disregarded For convenience, when the volume of (1) cylinder was assumed to be fixed ($dV_c=0$), and when it was assumed that the intake air flow in (2) cylinders is 0 ($m_c=0$), it divided, and we decided to ask for the cylinder internal pressure P_c by solving several 24 analytically under each assumption. Hereafter, it explains in full detail.

[0109]

(1) When the volume of a cylinder is assumed to be fixed ($dV_c=0$)

Under this assumption, 24 above serves as a differential equation with the 37 following, and if the same number 37 is solved, the 38 following will be obtained.

[0110]

[Equation 37]

$$\frac{dP_c}{dt} = \frac{\kappa RT_m}{V_c} m_c$$

[0111]

[Equation 38]

$$P_c(t) = \frac{\kappa P_m}{\kappa + 1} \left[\frac{1}{\kappa} + \cos(\theta_0 - \frac{\kappa + 1}{P_m} \sqrt{\frac{\kappa}{2(\kappa + 1)}} \frac{RT_m}{V} A_v \sqrt{P_m \rho_m t}) \right]$$

[0112]

In 38 above, it is $\theta_0 = \cos^{-1}(1)$. This several 38 shows that the cylinder internal pressure P_c changes in the shape of a sine wave. On the other hand, The Euler approximation with 37 above becomes the 39 following.

[0113]

[Equation 39]

$$P'_c(t + \Delta t) = P_c(t) + \frac{m_c \kappa RT_m}{V_c} \Delta t$$

[0114]

Moreover, since the cylinder internal pressure P_c does not become larger than the air pressure P_m of inhalation of air, the 40 following are materialized. Therefore, the 41 following are materialized from several 39 and several 40.

[0115]

[Equation 40]

$$P_c(t + \Delta t) \leq P_m$$

[0116]

[Equation 41]

$$\frac{\kappa RT_m m_c}{V_c} \Delta t \leq P_m - P_c(t)$$

[0117]

Furthermore, since the 42 following are materialized when very small ($\theta \ll 1$) compared with 1, θ can obtain the 43 following with the application of 41 above and the 42 following to 39 above. In addition, the 43 following intake air flow m_c in a cylinder is calculated by 22 above and 23 above.

[0118]

[Equation 42]

$$\sin(\theta) \approx \theta$$

[0119]

[Equation 43]

$$P'_c(t + \Delta t) = P_c(t) + (P_m - P_c(t)) \sin \left(\frac{m_c \kappa R T_m}{V_c (P_m - P_c(t))} \Delta t \right)$$

[0120]

(2) When it is assumed that there is no inhalation air content in a cylinder ($m_c=0$)

Under this assumption, 24 above serves as a differential equation with the 44 following. Moreover, since it can treat as an adiabatic expansion in this case, the 45 following are materialized.

[0121]

[Equation 44]

$$\frac{dP_c}{dt} = -\frac{\kappa P_c}{V_c} \frac{dV_c}{dt}$$

[0122]

[Equation 45]

$$P_c V_c^\kappa = \text{constant}$$

[0123]

As mentioned above, the 46 following are drawn.

[0124]

[Equation 46]

$$P_c(t + \Delta t) = P'_c(t) \left(\frac{V_c(t)}{V_c(t + \Delta t)} \right)^\kappa$$

[0125]

In drawing 13, a continuous line and a two-dot chain line show the cylinder internal pressure P_c called for by 43 above and 46 above, respectively. Since it is expected that the cylinder internal pressure P_c serves as a value approximated to the air pressure P_m of inhalation of air, in this operation gestalt, it adopts as cylinder internal pressure P_c which finally calculates cylinder internal pressure $P'_c(t)$ obtained by 43 near above with the air pressure P_m of inhalation of air.

[0126]

Moreover, although it said that the inhalation air content M_c in a cylinder like 1 inhalation-of-air line is calculated by carrying out time quadrature till the time of day t_f which this inlet valve 32 closes from the time of day t_o when the inlet valve 23 opened the intake air flow m_c in a cylinder given by several 22 or several 23. It became clear that precision became [the direction for which it asked by the 47 following which carried out time quadrature of 24 above based on the law of conservation of energy, and arranged it from time of day t_o to time of day t_f] high as a result of simulation. In addition, $P_c(t_o)$ and $V_c(t_o)$ are the cylinder internal pressure P_c at the time of an inhalation-of-air valve-opening valve (t), and cylinder capacity $V_c(t)$, respectively, and $P_c(t_f)$ and $V_c(t_f)$ are the cylinder internal pressure P_c at the time of an inhalation-of-air valve-closing valve (t), and cylinder capacity $V_c(t)$, respectively.

[0127]

[Equation 47]

$$M_c = \frac{\frac{1}{\kappa} (P_c(t_f)V_c(t_f) - P_c(t_0)V_c(t_0)) + \frac{\kappa-1}{\kappa} \int_{t_0}^{t_f} P_c \frac{dV_c}{dt} dt}{RT_m}$$

[0128]

Therefore, this operation gestalt calculates the inhalation air content M_c in a cylinder based on the 48 following discretized in several 47.

[0129]

[Equation 48]

$$M_c = \frac{\frac{1}{\kappa} (P_c(t_f)V_c(t_f) - P_c(t_0)V_c(t_0)) + \frac{\kappa-1}{\kappa} \sum_{t_0}^{t_f} P_c(t) \frac{dV_c}{dt} \Delta t}{RT_m}$$

[0130]

(Addition of an observer)

Further, this operation gestalt adds the observer OBS as an amendment means, and is raising the presumed precision of the inhalation air content M_c in a cylinder. In drawing 6 mentioned above, it is the observer OBS to which the part surrounded with the broken line was added.

[0131]

This observer OBS is constituted including the above-mentioned air flow meter 61 and the air flow meter model M6 which functions as an intake-air-flow presumption means. The air flow meter model M6 is a model which presumes the value which the air flow meter 61 will output, and presumes the throttle passage air flow rate (presumed intake air flow) m_{tes} based on this estimate, when a throttle passage air flow rate (real intake air flow) is the predetermined amount α . In this case, the predetermined amount α of above is the throttle passage air flow rate (presumption) $m_t(t-T_0)$ at present which is the throttle passage air flow rate by which only said predetermined time T_0 delayed [predetermined time / T_0] the throttle passage air flow rate m_t in the previous time of day t (presumption) from this time which the throttle model M2 presumed with the dead-time element.

[0132]

Here, the air flow meter model M6 is described concretely. Based on the table shown in drawing 14 which specified the relation between this perfect heat release W_1 and W_2 and the throttle passage air flow rate m_t for the perfect heat release W_1 and W_2 to the throttle passage air flow rate $m_t(t-T_0)$ at present, respectively, and said throttle passage air flow rate $m_t(t-T_0)$ in called-for this time, it asks for the air flow meter model M6 first. The perfect heat release W_1 and the perfect heat release W_2 are heat release which does not include the heat dissipation delay corresponding to the bobbin section 61a1 of heat ray metering zone 61a shown in drawing 4, and the support section 61a2 of this heat ray metering zone 61a, respectively.

[0133]

Next, the air flow meter model M6 is the heat release corresponding to the bobbin section 61a1 and the support section 61a2, respectively, and calculates the heat release (response heat release) w_1 and w_2 which has the property of first-order lag to the perfect heat release W_1 and W_2 , respectively (response delay is included) according to the 49 following and the 50 following. Several 49 and the suffix (k) in several 50 express this operation value and the operation value of last time [suffix / (k-1)], and its Δt is time amount after calculating the last operation value until it calculates this operation value.

[0134]

[Equation 49]

$$w_1(k) = \Delta t (W_1(k) - w_1(k-1)) / \tau_1 + w_1(k-1)$$

[0135]

[Equation 50]

$$w2(k) = \text{deltat} \cdot (W2(k) - w2(k-1)) / (\tau_2 + w2(k-1))$$

[0136]

In 49 above and several 50, τ_1 and τ_2 are the time constants of the above-mentioned first-order-lag property corresponding to the bobbin section 61a1 and the support section 61a2, respectively, and they are calculated by the 51 following and the 52 following. It is the value for which the values k_{10} and k_{20} of several 51 and several 52 inside and values m_1 and m_2 were asked experimentally. Moreover, the value u of several 51 and several 52 inside is a passage air content per [which was bypassed by heat ray metering zone 61a of an air flow meter 61] unit cross section, and is a value (mtAFM/S) which \times (ed) the intake air flow mtAFM calculated based on the V_g -mtAFM translation table which specifies the output voltage V_g of the air flow meter 61 shown in drawing 5, and relation with the surveyed intake air flow mtAFM, and the actual output voltage V_g of an air flow meter 61 with the bypass passage cross section S of said heat ray metering zone 61a.

[0137]

[Equation 51]

$$\tau_1 = k_{10}, u_{m1}$$

[0138]

[Equation 52]

$$\tau_2 = k_{20}, u_{m2}$$

[0139]

And the table having shown the air flow meter model M6 in drawing 15 which specified the sum ($w_1 + w_2$) of the response heat release w_1 and w_2 , and relation with the throttle passage air flow rate mtes based on the value which the air flow meter 61 will output, Based on the sum ($w_1 + w_2$) of the response heat release w_1 and w_2 calculated by 49 above - the-52 number, the throttle passage air flow rate mtes based on the value which the air flow meter 61 will output at present is calculated. In addition, when it is in the steady operation condition which becomes fixed [an internal combustion engine / the throttle-valve opening TA], this throttle passage air flow rate mtes becomes the same [only predetermined time T_0] as that of the throttle passage air flow rate mt (and throttle passage air flow rate mt ($t - T_0$) at present) in the previous time of day t (presumption) from this time which the throttle model M2 presumed.

[0140]

Again, if drawing 6 is referred to, Observer OBS will input the signal showing this throttle passage air flow rate mtes into the end of the comparison element COM. On the other hand, Observer OBS is changed into the intake air flow (real intake air flow) mtAFM in this time on the table having shown the output V_g of an air flow meter 61 in drawing 5, and inputs the signal showing this intake air flow mtAFM into the other end of the comparison element COM.

[0141]

And while Observer OBS asks for the deflection SA of the throttle passage air flow rate mtes and an intake air flow mtAFM in the comparison element COM, carries out time quadrature of this deflection SA with an integral element and calculates the deflection integral value SumSA. The value which carried out the multiplication of the predetermined gain G_1 (negative constant value) to the deflection integral value SumSA, And the value which carried out the multiplication of the predetermined gain G_2 (negative constant value) to this deflection integral value SumSA is added to the throttle passage air flow rate mt which the throttle model M2 presumes, and the intake air flow m_c in a cylinder which the inlet-valve model M4 presumes, respectively (it feeds back). That is, the inhalation air content presumption equipment in a cylinder in this operation gestalt presumes the throttle passage air flow rate mt based on the 53 following or the 54 following instead of three above or four above.

[0142]

[Equation 53]

$$m_t = C_t(\theta_t) A_t(\theta_t) P_a \sqrt{\frac{\kappa + 1}{2 \kappa R T_a}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa + 1}\right)^2 - \left(\frac{P_m}{P_a} - \frac{1}{\kappa + 1}\right)^2} + G_1 \cdot \text{SumSA}$$

[0143]

[Equation 54]

$$m_t = -C_t(\theta_t)A_t(\theta_t)P_m \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_m}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_a}{P_m} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2} + G1 \cdot \text{SumSA}$$

[0144]

Moreover, the inhalation air content presumption equipment in **** presumes the intake air flow m_c in a cylinder based on the 55 following or the 56 following instead of 22 above or 23 above.

[0145]

[Equation 55]

$$m_c = C_v(L)A_v(L)P_m \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_m}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_c}{P_m} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2} + G2 \cdot \text{SumSA}$$

[0146]

[Equation 56]

$$m_c = -C_v(L)A_v(L)P_c \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_c}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_m}{P_c} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2} + G2 \cdot \text{SumSA}$$

[0147]

thus, the above-mentioned deflection SA (the above-mentioned deflection integral value SumSA) is set to "0" (it becomes small) -- like The throttle passage air flow rate m_t presumed with the throttle model M2 based on this deflection SA, And the intake air flow m_c in a cylinder presumed with the inlet-valve model M4 is amended directly, respectively, consequently the steady error of the actual inhalation air content in a cylinder and the inhalation air content M_c in a cylinder acquired with the above-mentioned models M1-M5 is reduced.

[0148]

(Actual actuation)

Next, while an electrical control unit 80 presumes the inhalation air content M_c in a cylinder, the actual actuation at the time of determining fuel oil consumption f_c is explained.

[0149]

(Throttle-valve control)

CPU81 of an electrical control unit 80 performs the routine for controlling the throttle-valve opening shown in drawing 16 with the flow chart for every progress of predetermined time (1msec).

Therefore, when it comes to predetermined timing, CPU81 starts processing from step 1600, progresses to step 1605, and is read accelerator pedal control input Accp. Subsequently, CPU81 progresses to step 1610 and asks for the provisional target throttle-valve opening θ_{tar1} based on the accelerator pedal control input Accp read the account of a top by using the same table as drawing 7 at this step 1610.

[0150]

Next, CPU81 progresses to step 1615, sets Variable I as "64" and stores the value of θ_{tar1} (I-1) in storage value θ_{tar1} (I) at continuing step 1620. At present, since Variable I is "64", the value of storage value θ_{tar1} (63) is stored in storage value θ_{tar1} (64). Subsequently, CPU81 progresses to step 1625 and it judges whether Variable I became equal to "1." In this case, since the value of Variable I is "64", it judges with "No" at step 1625, and progresses to step 1630, only "1" decreases the value of Variable I at this step 1630, and CPU81 returns to that account step 1620 of Gokami.

Consequently, activation of step 1620 stores the value of storage value thetar (62) in storage value thetar (63). Such processing is repeatedly performed until the value of Variable I is set to "1."

[0151]

Then, if processing of step 1630 is repeated and the value of Variable I is set to "1", CPU81 is judged at step 1625 to be "Yes", progresses to step 1635, and stores in storage value thetar (0) the provisional target throttle-valve opening thetar1 at present for which it asked at said step 1610 by this step 1635. $I = 64, 63 \text{ and } 62, \dots$, provisional (2, provisional 1, 0) in front of Imsec (0 msec \leq Imsec \leq 64msec and I are an integer) will be memorized in RAM83 from this time by the above. [target throttle-valve opening thetar (I) and]

[0152]

Next, CPU81 outputs a driving signal to throttle-valve actuator 43a, and once ends this routine at step 1695 after that so that it may progress to step 1640 and actual throttle-valve opening may become equal to target throttle-valve opening thetar at step 1645 which sets up storage value thetar (64) as final target throttle-valve opening thetar, and continues at this step 1640.

[0153]

Processing of the above-mentioned routine is performed for every progress of 1msec henceforth. Consequently, actual throttle-valve opening is controlled to become equal to target throttle-valve opening thetar based on the accelerator pedal control input Accp in front of predetermined time T (= 64msec). Thereby, as for the above-mentioned electronics control throttle model M1, only predetermined time T0 presumes the target throttle-valve opening theta (T-T0) in front of [this time to] time amount (T-T0) from this time as throttle-valve opening thetat in the previous time of day t.

[0154]

(The throttle passage air flow rate mt, the air pressure Pm of inhalation of air, air-temperature Tm presumption of inhalation of air) CPU81 performs the routine shown in drawing 18 following drawing 17 and this with the flow chart for every progress of predetermined time (8msec).

Therefore, if it becomes predetermined timing, CPU81 will start processing from step 1700, will progress to step 1705, and will calculate an intake air flow (real intake air flow) mtAFM using the table shown in drawing 5, the same table, and the output Vg of an air flow meter 61.

[0155]

Next, CPU81 progresses to step 1710 and calculates the perfect heat release W1 (k) and W2 (k) for each using the throttle passage air flow rate mt (k-T0) at present obtained when only said predetermined time T0 delays the throttle passage air flow rate mt (k) already calculated at step 1810 later mentioned at the time of the table shown in drawing 14, the same table, and this routine activation before last time. In addition, in this routine, the value to which the suffix (k) was given expresses the value calculated when this routine is performed this time, and the value to which the suffix (k-1) was given expresses the value calculated when this routine was performed last time.

[0156]

Subsequently, CPU81 calculates the response heat release w1 (k) and w2 (k) according to 49 above and 50 above, respectively at continuing step 1720 while it progresses to step 1715 and asks for time constants tau1 and tau2 according to 51 above and 52 above, respectively. In addition, deltat is the count period (namely, 8msec) of this routine. Next, CPU81 progresses to step 1725 and calculates the throttle passage air flow rate (presumed intake air flow) mtes based on the value which the air flow meter 61 will output at present using the table shown in drawing 15, the same table, and said response heat release w1 (k) and the sum (w1(k)+w2(k)) of w2 (k).

[0157]

Next, CPU81 progresses to step 1730, and it sets up the value which applied said deflection SA (k) to the deflection integral value (last time) (k-1) SumSA in the time at continuing step 1735 as a new deflection integral value (this time) (k) SumSA while it stores the value which subtracted said intake air flow mtAFM from said throttle passage air flow rate mtes as deflection SA (k).

[0158]

Subsequently, as for CPU81, only predetermined time T0 calculates the product value Ct (thetat) of a flow coefficient Ct (thetat) and the opening area At (thetat), and At (thetat) using presumed throttle-valve opening thetat in the previous time of day t from the table which progressed to step 1805 of drawing 18 and was shown in drawing 10, the same table, and this time.

[0159]

Subsequently, CPU81 progresses to step 1810 and calculates the throttle passage air flow rate m_t according to 53 above or 54 above at this step 1810. The throttle-valve upstream pressure P_a used by this count and an intake-air temperature T_a are acquired from the atmospheric pressure sensor 63 and an intake temperature sensor 62, respectively. Moreover, the air pressure P_m of inhalation of air ($k-1$) and the air temperature T_m ($k-1$) of inhalation of air are the values $P_m(k)$ and $T_m(s)(k)$ which were calculated at step 1815 later mentioned at the time of this last routine activation, and the deflection integral value $\text{SumSA}(k)$ is a value calculated at said step 1735.

[0160]

Next, CPU81 progresses to step 1815, after it asks for the air pressure P_m of inhalation of air (k), and the air temperature T_m of inhalation of air (k) based on the 57 following and the 58 following which integrated with 17 above and 18 above, and were discretized, progresses to step 1895 and once ends this routine. In addition, in the 57 following and several 58, deltat is the count period (namely, 8msec) of this routine.

[0161]

[Equation 57]

$$\frac{P_m}{T_m}(k) = \frac{P_m}{T_m}(k-1) + \Delta t \frac{R}{V_m} (m_t(k-1) - m_c \text{AVE}(k-1))$$

[0162]

[Equation 58]

$$P_m(k) = P_m(k-1) + \Delta t \kappa \frac{R}{V_m} (m_t(k-1)T_a - m_c \text{AVE}(k-1)T_m(k-1))$$

[0163]

In fact, CPU81 calculates P_m/T_m by 57 above, and calculates T_m from this and P_m calculated by 58 above. In addition, $m_c \text{AVE}(k-1)$ in several 57 and several 58 is the average of the intake air flow m_c in a cylinder calculated by 1msec routine mentioned later.

[0164]

(Presumption of the cylinder internal pressure P_c , the intake air flow m_c in a cylinder, the inhalation air content M_c in a cylinder, etc.)

CPU81 performs the routine shown in drawing 20 following drawing 19 and this with the flow chart for every progress of predetermined time (1msec). Therefore, the amount [in / CPU81 starts processing from step 1900, and it progresses to step 1905, and / when it becomes predetermined timing / said time of day t] L of valve lifts Based on the table shown in drawing 11, and the same table, the product value $C_v(L)$ used by 55 above and 56 above and $A_v(L)$ are calculated, and the intake air flow m_c in a cylinder (t) is calculated according to the same number 55 or the same number 56 at continuing step 1910.

[0165]

Here, $P_m(k)$ and $T_m(k)$ are the pneumatic pressure of inhalation of air called for at the above-mentioned step 1815, respectively, and the air temperature of inhalation of air, and $T_c(t)$ is the value set up at step 2045 later mentioned at the time of this last routine activation. Moreover, $\text{SumSA}(k)$ is the deflection integral value calculated at step 1735 of drawing 17 mentioned above, and $P_c(t)$ is the value set up at step 1925 later mentioned at the time of this last routine activation.

[0166]

Next, CPU81 progresses to step 1915 and calculates cylinder internal pressure $P'_c(t+\text{deltat})$ according to 43 above at this step 1915. deltat is the count period (namely, 1msec) of this routine. Moreover, $m_c(t)$ is the value calculated at said step 1910.

[0167]

Subsequently, CPU81 progresses to step 1920 and stores cylinder internal pressure $P'_c(t+\text{deltat})$ which asked for the cylinder internal pressure $P_c(t+\text{deltat})$, and asked for it this time at continuing

step 1925, and the cylinder internal pressure $P_c(t + \Delta t)$ in cylinder internal pressure $P'_c(t)$ and the cylinder internal pressure $P_c(t)$ according to 46 above, respectively for the operation of this next routine.

[0168]

Subsequently, CPU81 progresses to step 2005 shown in drawing 20, and if time of day t is immediately after an inlet valve 23 judges whether it is at the time immediately after changing from a closed state to an open condition and it changes from a closed state to an open condition. It stores as cylinder internal pressure $P_c(t_0)$ when an inlet valve 23 opens cylinder internal pressure $P'_c(t)$ which initializes the value of Variable Z as "0" at step 2010, and is called for at step 2015 at the time (at the time of inhalation-of-air valve-opening). And CPU81 stores the cylinder capacity V_c of time of day t at step 2020 as cylinder capacity V_c at the time of inhalation-of-air valve-opening (t_0), sets the value of the inhalation air content M_{c1} in a cylinder from the time of inhalation-of-air valve-opening as a value M_{c0} (initial value, for example, "0") at continuing step 2025, and progresses to step 2030. On the other hand, if it is not an inlet valve 23 at the time immediately after changing from a closed state to an open condition, it will judge CPU81 at step 2005 to be "No", and time of day t progresses to 2030 directly.

[0169]

Next, it judges whether CPU81 has an inlet valve 23 in an open condition in time of day t at step 2030. Now, if the inlet valve 23 corresponds immediately after being in an open condition from a closed state, it will judge CPU81 at step 2030 to be "Yes", will progress to step 2035, and it applies the value of value $P'_c(t)$ and $dV_c(t) / dt - \Delta t$ to Variable Z at this step 2035, and time of day t updates this variable Z . Thereby, Variable Z serves as an integral value considerable amount of $dV_c(t) / [\text{value } P'_c(t) \text{ and }] dt$. Then, CPU81 stores the value which added $m_c(t) - \Delta t$ to the inhalation air content M_{c1} in a cylinder from the time of inhalation-of-air valve-opening at step 2040 as a new inhalation air content M_{c1} in a cylinder, progresses to step 2045, asks for the air temperature T_c in a cylinder (t) based on the 59 following, and once ends this routine at step 2095.

[0170]

[Equation 59]

$T_c(t) = P_c(t) \text{ and } V_c(t) / (M_{c1} \text{ and } R)$

[0171]

Since it is continued while the inlet valve 23 is opening, the variable Z which shows total of value $P'_c(t)$ and $dV_c(t) / dt - \Delta t$, the inhalation air content M_{c1} in a cylinder from the time of inhalation-of-air valve-opening, and the air temperature T_c in a cylinder (t) are updated, and processing of the above-mentioned steps 2030-2045 goes.

[0172]

Then, immediately after CPU81 will judge all to be "No" when it progresses to step 2005 and step 2030 if time of day immediately after an inlet valve 23 changes from an open condition to a closed state comes, time of day t progresses to step 2050 and an inlet valve 23 changes from an open condition to a closed state at this step 2050 by predetermined time amount passing, it judges whether it is or not. And in this case, CPU81 is judged at step 2050 to be "Yes", and the inhalation air content M_c in a cylinder which progresses to step 2055 and can be set like 1 inhalation-of-air line is presumed according to 48 above.

[0173]

Then, CPU81 progresses to step 2060, ** the inhalation air content M_c in a cylinder calculated the account of a top by time amount T_{180CA} equivalent to 180 degree CA of crank angles, calculates the average m_{cAVE} of the inhalation air content M_c in a cylinder ($k-1$), multiplies the average m_{cAVE} of the inhalation air content M_c in a cylinder ($k-1$) by the multiplier K which changes with setting air-fuel ratios at continuing step 2065, and calculates fuel oil consumption f_c . In addition, since the average m_{cAVE} of the inhalation air content M_c in a cylinder ($k-1$) is proportional to the inhalation air content M_c in a cylinder, fuel oil consumption f_c will be calculated according to several 2. And CPU81 progresses to step 2095 and once ends this routine.

[0174]

moreover, time of day immediately after an inlet valve 32 changes [time of day t] from a closed state to an open condition -- not but -- and the time of day immediately after [from an open

condition / closed state] changing -- not but -- and when this inlet valve 32 is the time of day in a closed state, after performing processing of steps 1900-1925 of drawing 19 , CPU81 is altogether judged at steps 2005, 2030, and 2050 of drawing 20 to be "No", progresses to step 2095, and once ends this routine.

[0175]

The inhalation air content Mc in a cylinder is presumed by the above using each model, and the fuel oil consumption fc according to this is determined. And CPU81 performs the fuel-injection routine which is not illustrated to predetermined timing, and only said determined fuel oil consumption fc injects a fuel.

[0176]

As explained above, according to the operation gestalt of the fuel-oil-consumption control device containing the inhalation air content presumption equipment in a cylinder by this invention, the cylinder internal pressure Pc and the air temperature Tc in a cylinder are called for with the cylinder model M5, and the inlet-valve model M4 is provided with these values. Therefore, the inlet-valve model M4 can calculate the intake air flow mc (therefore, inhalation air content Mc in a cylinder) in a cylinder by the numerical calculation according to 22 and 23 (in fact 55 and 56 above) above rather than can be based on the table retrieval by many variables like before. Consequently, while being able to reduce the effort which adaptation of a table value takes, fuel oil consumption fc was able to be calculated with a sufficient precision.

[0177]

Moreover, the throttle passage air flow rate mt presumed with the throttle model M2 based on this deflection SA and the intake air flow mc in a cylinder presumed with the inlet-valve model M4 are directly amended, respectively so that the deflection SA (the above-mentioned deflection integral value $SumSA$) of the throttle passage air flow rate (presumed intake air flow) $mtes$ and an intake air flow (real intake air flow) $mtAFM$ may be set to "0" by Observer OBS. Therefore, it becomes possible to be able to make the intake air flow mc in a cylinder (presumed inlet-valve passage air flow rate) increase directly, consequently to make the inhalation air content Mc in a cylinder increase, without making the air pressure Pm of inhalation of air presumed with the above-mentioned inlet-pipe model M3 increase, when the throttle passage air flow rate $mtes$ is smaller than an intake air flow $mtAFM$.

[0178]

Therefore, even if it is the case where throttle-valve opening has an internal combustion engine in the throttle full open steady operation condition which becomes fixed at the maximum opening A steady error with the inhalation air content Mc in a cylinder presumed to be an inhalation air content in a cylinder actual irrespective of the size relation between the throttle passage air flow rate $mtes$ and an intake air flow $mtAFM$ can be reduced certainly. Consequently, precision was able to improve the air-fuel ratio of the gaseous mixture which burns with an internal combustion engine as the value of an aim by obtaining the proper fuel oil consumption fc .

[0179]

This invention is not limited to the above-mentioned operation gestalt, and can adopt various modifications within the limits of this invention. For example, although the observer OBS as an amendment means has amended directly the throttle passage air flow rate mt presumed with the throttle model M2, and the intake air flow mc in a cylinder presumed with the inlet-valve model M4 with the above-mentioned operation gestalt, respectively So that the deflection SA (the above-mentioned deflection integral value $SumSA$) of the throttle passage air flow rate (presumed intake air flow) $mtes$ and an intake air flow (real intake air flow) $mtAFM$ may be set to "0" The product value Ct (thetat) of a flow coefficient Ct (thetat) and the opening area At (thetat), At (thetat) which are used in three above and several 4 based on this deflection SA , And the product value Cv (L) of the flow coefficient Cv (L) used in 22 above and several 23 and the opening area Av (L) and Av (L) may be amended, and the above-mentioned throttle passage air flow rate mt and the above-mentioned intake air flow mc in a cylinder may be amended as the result, respectively.

[0180]

Moreover, additional adoption of the exhaust valve model for presuming the air flow rate me which flows in a cylinder 21 through an exhaust valve besides each model of the above-mentioned

operation gestalt can also be carried out. In this case, as shown in drawing 21, the exhaust valve model M7 is connected to the cylinder model M5, and it is expressed by the 60 following pass the same derivation process as the inlet-valve model M4, and the 61 following. In addition, in several 60 and several 61, P_e is the air pressure in an exhaust pipe, T_e is the air temperature in an exhaust pipe, and when, as for several 60, air flows in a cylinder 21 from an exhaust air system ($P_c < P_e$), the 61 following are used, when air flows out of a cylinder 21 into an exhaust air system ($P_c > P_e$). Consequently, when air flows in a cylinder 21 from an exhaust air system and air flows a forward value out of a cylinder 21 into an exhaust air system, the above-mentioned air flow rate m_e is calculated so that a negative value may be taken, respectively. In addition, it is desirable to form the sensor which detects the air pressure in an exhaust pipe in this case, and the sensor which detects the air temperature in an exhaust pipe.

[0181]

[Equation 60]

$$m_e = C_v(L)A_v(L)P_e \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_e}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_c}{P_e} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2}$$

[0182]

[Equation 61]

$$m_e = -C_v(L)A_v(L)P_c \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_c}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_e}{P_c} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2}$$

[0183]

Moreover, in the above-mentioned operation gestalt, although an injector 39 injects a fuel towards suction ports 31a and 31b, it may be constituted so that it may inject directly into a combustion chamber 25.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the outline block diagram of the system which applied the fuel-oil-consumption control unit containing the inhalation air content presumption equipment in a cylinder by this invention to the jump-spark-ignition type Taki cylinder internal combustion engine.

[Drawing 2] It is the outline top view showing the near parts of the combustion chamber of the specific gas column shown in drawing 1, and this combustion chamber.

[Drawing 3] It is the outline perspective view of the air flow meter shown in drawing 1.

[Drawing 4] It is the expansion perspective view of the heat ray metering zone of the air flow meter shown in drawing 3.

[Drawing 5] It is the graph which showed the table which specified the relation of the output and intake air flow which are the air flow meter which CPU shown in drawing 1 refers to.

[Drawing 6] It is the functional block diagram having shown the connection relation of the various models adopted in order that the electrical control unit shown in drawing 1 might presume the inhalation air content in a cylinder.

[Drawing 7] It is the graph which showed the table which specified the relation of the accelerator pedal control input and target throttle-valve opening which CPU shown in drawing 1 refers to.

[Drawing 8] It is the graph which showed the table which specified the relation between throttle-valve opening and a coefficient of discharge.

[Drawing 9] It is the graph which showed the table which specified the relation between throttle-valve opening and opening area.

[Drawing 10] It is the graph which showed the table which specified the relation between throttle-valve opening, and a coefficient of discharge and the product value of opening area.

[Drawing 11] It is the graph which showed the table which specified the relation between the amount of valve lifts, and a coefficient of discharge and the product value of opening area.

[Drawing 12] In order to explain the variable used since a cylinder model is expressed, it is drawing having shown a cylinder and its near notionally.

[Drawing 13] It is a timing diagram for explaining the count result of the cylinder internal pressure by the cylinder model.

[Drawing 14] It is the graph which showed the table which specified the relation of the throttle passage air flow rate and perfect heat release which CPU shown in drawing 1 refers to.

[Drawing 15] It is the graph which showed the table which specified the relation between the sum of the response heat release which CPU shown in drawing 1 refers to, and the throttle passage air flow rate based on the value which the air flow meter will output.

[Drawing 16] It is the flow chart which showed the routine for controlling the throttle valve which CPU shown in drawing 1 performs.

[Drawing 17] CPU shown in drawing 1 is the flow chart which showed the first portion of the routine performed every 8msec(s).

[Drawing 18] CPU shown in drawing 1 is the flow chart which showed the second half section of the routine performed every 8msec(s).

[Drawing 19] CPU shown in drawing 1 is the flow chart which showed the first portion of the routine performed for every msec.

[Drawing 20] CPU shown in drawing 1 is the flow chart which showed the second half section of the routine performed for every msec.

[Drawing 21] It is the functional block diagram having shown other modifications of the operation gestalt of the fuel-oil-consumption control device (inhalation air content presumption equipment in a cylinder) by this invention.

[Drawing 22] It is the functional block diagram of the fuel-oil-consumption control device (inhalation air content presumption equipment in a cylinder) which these people are examining.

[Description of Notations]

10 -- A jump-spark-ignition type Taki cylinder internal combustion engine, 20 -- Cylinder block section (engine book soma), 25 [-- Adjustable inhalation-of-air timing equipment,] -- A combustion chamber, 31 -- A suction port, 32 -- An inlet valve, 33 39 [-- Swirl control valve,] -- An injector, 41 -- An inlet pipe, 43 -- A throttle valve, 44 44 a--SCV actuator, 61 [-- An electronics control throttle model, M2 / -- A throttle model M3 / -- An inlet-pipe model M4 / -- An inlet-valve model M5 / -- A cylinder model M6 / -- Air flow meter model.] -- An air flow meter, 80 -- An electrical control unit, 81 -- CPU, M1

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the outline block diagram of the system which applied the fuel-oil-consumption control unit containing the inhalation air content presumption equipment in a cylinder by this invention to the jump-spark-ignition type Taki cylinder internal combustion engine.

[Drawing 2] It is the outline top view showing the near parts of the combustion chamber of the specific gas column shown in drawing 1 , and this combustion chamber.

[Drawing 3] It is the outline perspective view of the air flow meter shown in drawing 1 .

[Drawing 4] It is the expansion perspective view of the heat ray metering zone of the air flow meter shown in drawing 3 .

[Drawing 5] It is the graph which showed the table which specified the relation of the output and intake air flow which are the air flow meter which CPU shown in drawing 1 refers to.

[Drawing 6] It is the functional block diagram having shown the connection relation of the various models adopted in order that the electrical control unit shown in drawing 1 might presume the inhalation air content in a cylinder.

[Drawing 7] It is the graph which showed the table which specified the relation of the accelerator pedal control input and target throttle-valve opening which CPU shown in drawing 1 refers to.

[Drawing 8] It is the graph which showed the table which specified the relation between throttle-valve opening and a coefficient of discharge.

[Drawing 9] It is the graph which showed the table which specified the relation between throttle-valve opening and opening area.

[Drawing 10] It is the graph which showed the table which specified the relation between throttle-valve opening, and a coefficient of discharge and the product value of opening area.

[Drawing 11] It is the graph which showed the table which specified the relation between the amount of valve lifts, and a coefficient of discharge and the product value of opening area.

[Drawing 12] In order to explain the variable used since a cylinder model is expressed, it is drawing having shown a cylinder and its near notionally.

[Drawing 13] It is a timing diagram for explaining the count result of the cylinder internal pressure by the cylinder model.

[Drawing 14] It is the graph which showed the table which specified the relation of the throttle passage air flow rate and perfect heat release which CPU shown in drawing 1 refers to.

[Drawing 15] It is the graph which showed the table which specified the relation between the sum of the response heat release which CPU shown in drawing 1 refers to, and the throttle passage air flow rate based on the value which the air flow meter will output.

[Drawing 16] It is the flow chart which showed the routine for controlling the throttle valve which CPU shown in drawing 1 performs.

[Drawing 17] CPU shown in drawing 1 is the flow chart which showed the first portion of the routine performed every 8msec(s).

[Drawing 18] CPU shown in drawing 1 is the flow chart which showed the second half section of the routine performed every 8msec(s).

[Drawing 19] CPU shown in drawing 1 is the flow chart which showed the first portion of the routine performed for every msec.

[Drawing 20] CPU shown in drawing 1 is the flow chart which showed the second half section of the

routine performed for every msec.

[Drawing 21] It is the functional block diagram having shown other modifications of the operation gestalt of the fuel-oil-consumption control device (inhalation air content presumption equipment in a cylinder) by this invention.

[Drawing 22] It is the functional block diagram of the fuel-oil-consumption control device (inhalation air content presumption equipment in a cylinder) which these people are examining.

[Description of Notations]

10 -- A jump-spark-ignition type Taki cylinder internal combustion engine, 20 -- Cylinder block section (engine book soma), 25 [-- Adjustable inhalation-of-air timing equipment,] -- A combustion chamber, 31 -- A suction port, 32 -- An inlet valve, 33 39 [-- Swirl control valve,] -- An injector, 41 -- An inlet pipe, 43 -- A throttle valve, 44 44 a--SCV actuator, 61 [-- An electronics control throttle model, M2 / -- A throttle model M3 / -- An inlet-pipe model M4 / -- An inlet-valve model M5 / -- A cylinder model M6 / -- Air flow meter model.] -- An air flow meter, 80 -- An electrical control unit, 81 -- CPU, M1

[Translation done.]

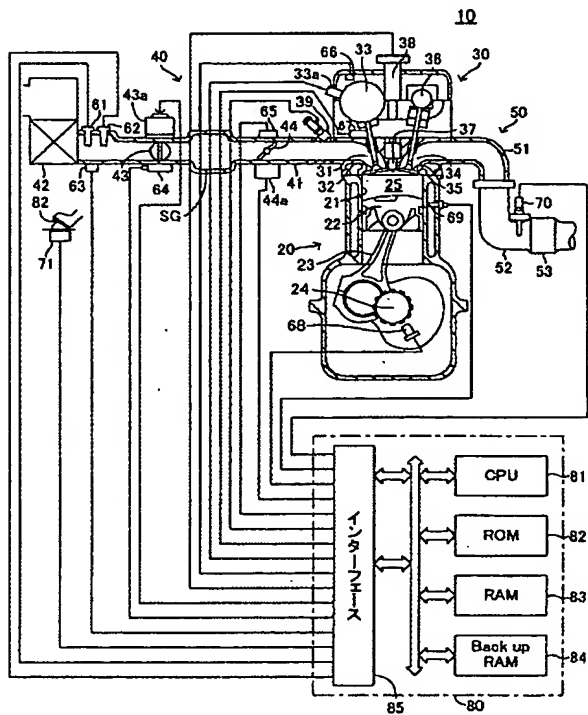
* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

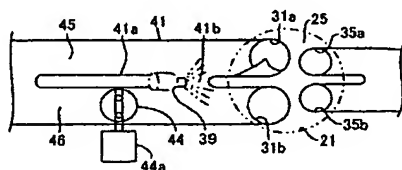
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

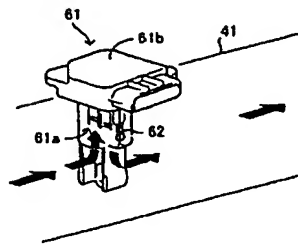
[Drawing 1]



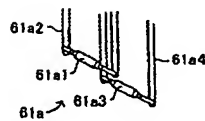
[Drawing 2]



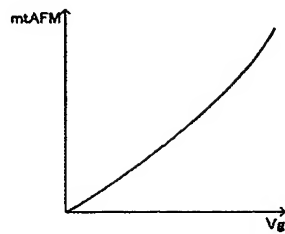
[Drawing 3]



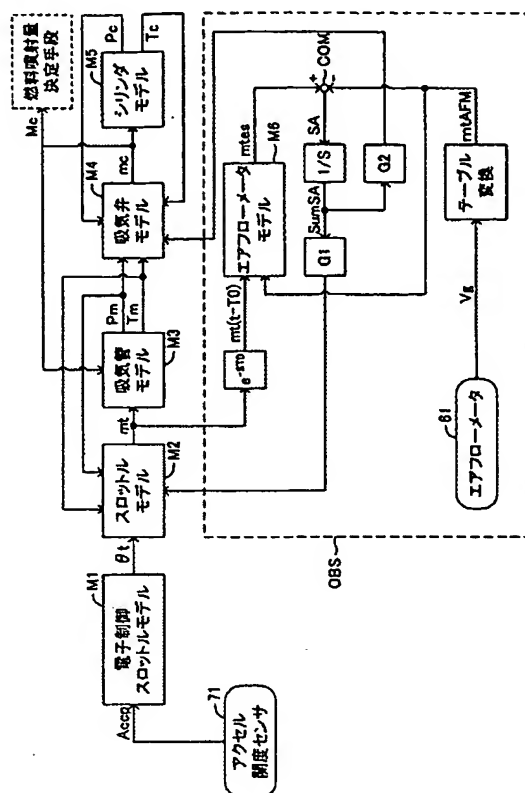
[Drawing 4]



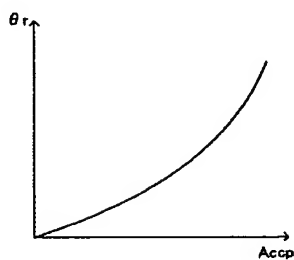
[Drawing 5]



[Drawing 6]



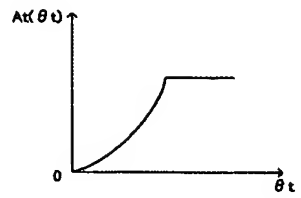
[Drawing 7]



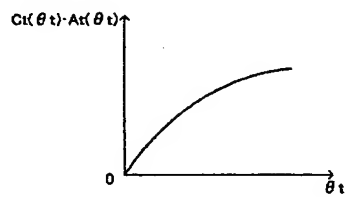
[Drawing 8]



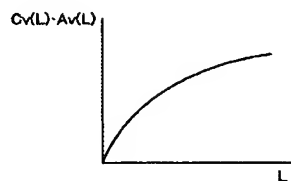
[Drawing 9]



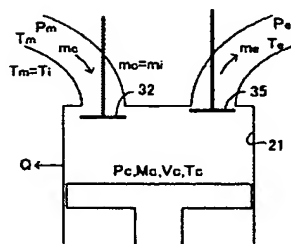
[Drawing 10]



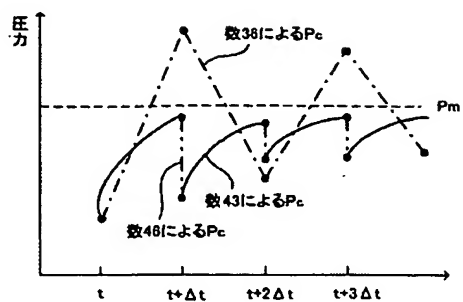
[Drawing 11]



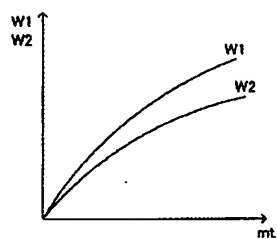
[Drawing 12]



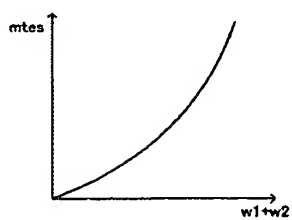
[Drawing 13]



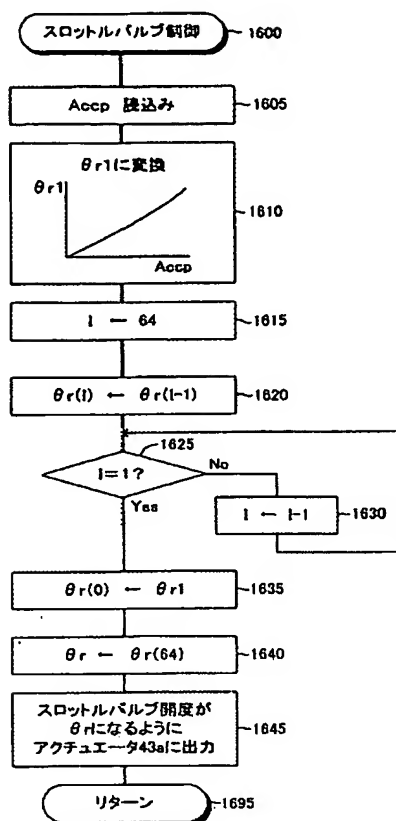
[Drawing 14]



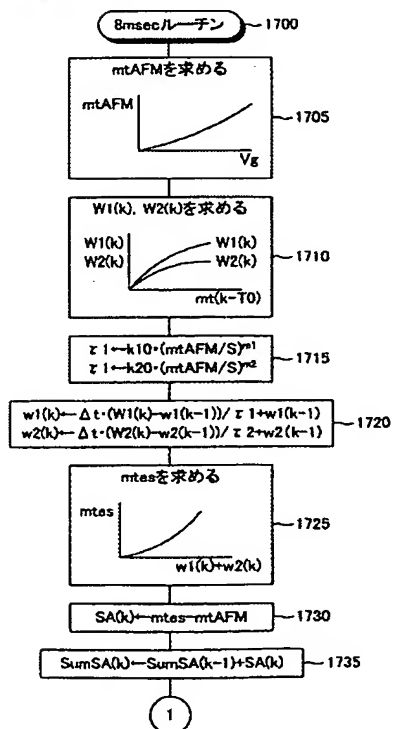
[Drawing 15]



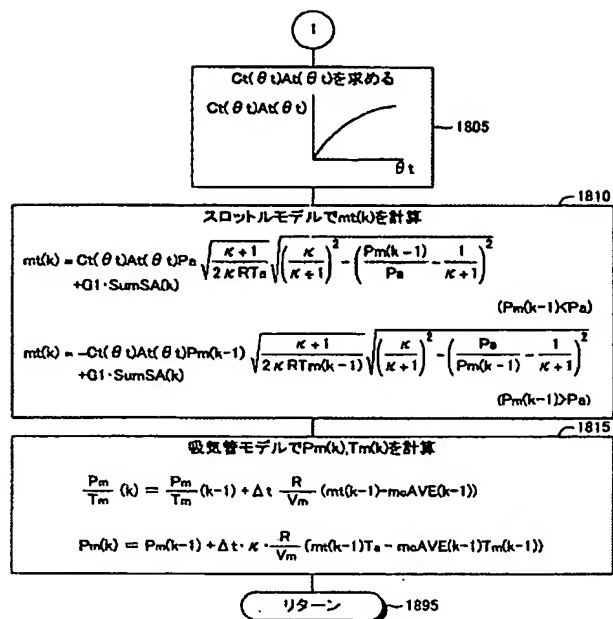
[Drawing 16]



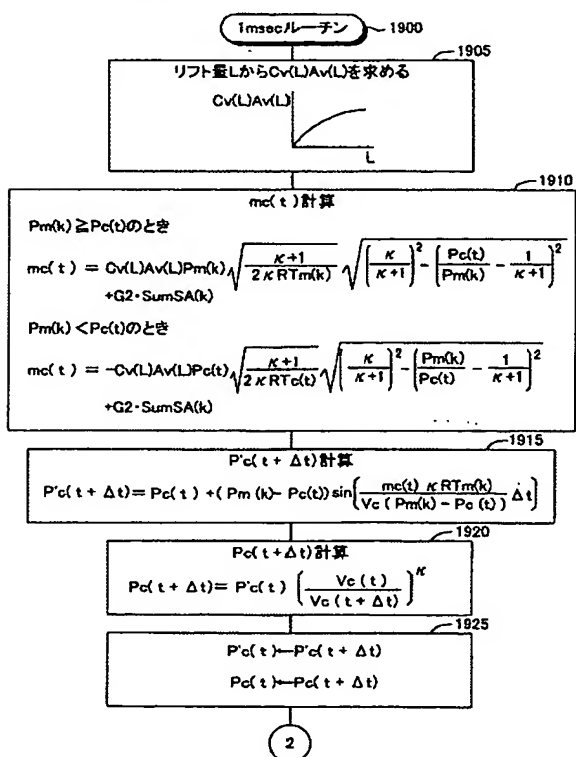
[Drawing 17]



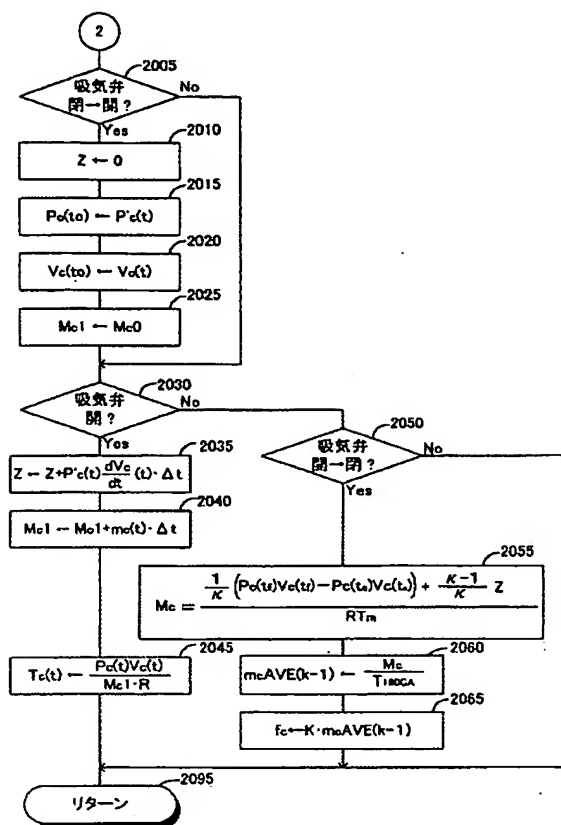
[Drawing 18]



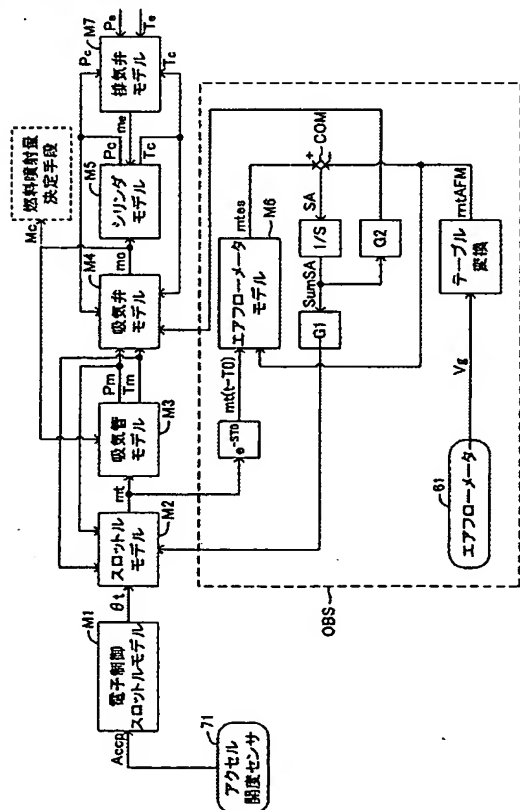
[Drawing 19]



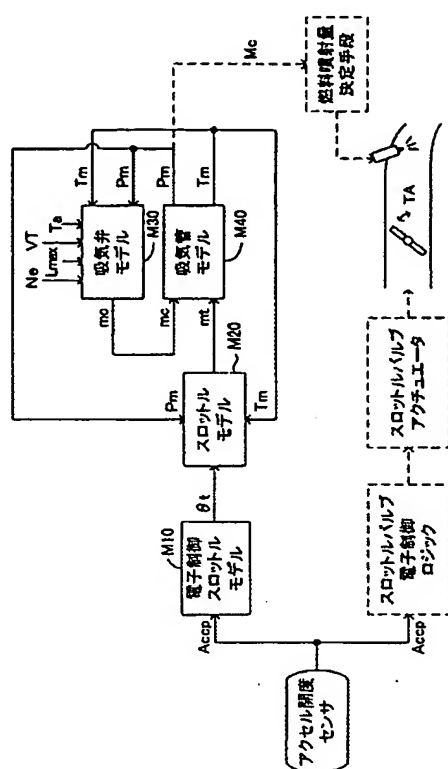
[Drawing 20]



[Drawing 21]



[Drawing 22]



[Translation done.]

(11)特許出願公開番号

特開2004-116459

(P2004-116459A)

(43) 公開日 平成16年4月15日(2004.4.15)

(51) Int. Cl. ⁷
F02D 45/00

F 1.

テーマコード (参考)

FO2D 45/00 366E

3 G 0 8 4

FO2D 45/00 370B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2002-283491 (P2002-283491)
(22) 出願日 平成14年9月27日 (2002. 9. 27)

(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地

(74) 代理人 100088971
弁理士 大庭 咲夫

(74) 代理人 100115185
弁理士 加藤 慎治

(74) 代理人 100115233
弁理士 樋口 俊一

(72) 発明者 田中 聡
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 3G084 BA04 DA04 EA02 EB02 EC04
FA00 FA02 FA08 FA10 FA11
FA39

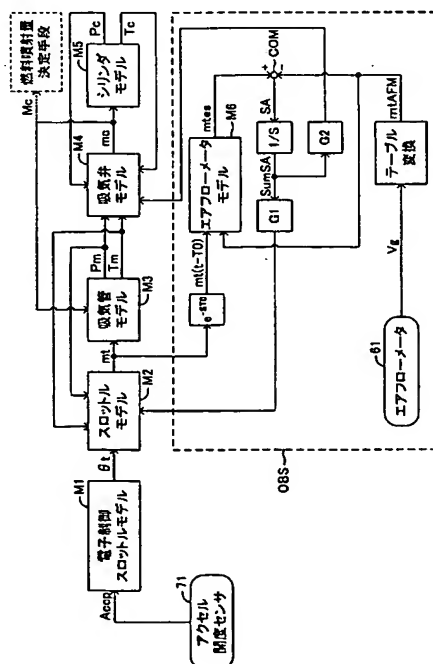
(54) 【発明の名称】 内燃機関の筒内吸入空気量推定装置

(57) 【要約】

【課題】 実際の筒内吸入空気量と推定した筒内吸入空気量との定常的な誤差を効果的に低減できる内燃機関の筒内吸入空気量推定装置を提供すること。

【解決手段】この筒内吸入空気量推定装置は、電子制御スロットルモデルM1、スロットルモデルM2、吸気管モデルM3、吸気弁モデルM4、及びシリンダモデルM5を使用して、筒内吸入空気量M_cを求める。そして、オブザーバOBSは、エアフローメータモデルM6により推定された、スロットルモデルM2による現時点でのスロットル通過空気流量m_t（t-T₀）に対してエアフローメータ61が出力するであろう値に基づくスロットル通過空気流量m_te_sと、エアフローメータ61により計測された現時点での吸入空気流量m_tAFMとの偏差SAの時間積分値SumSAが「0」になるように、スロットルモデルM2により推定されたスロットル通過空気流量m_t、及び吸気弁モデルM4により推定された筒内吸入空気流量m_cをそれぞれ補正する。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の吸気通路に配設されたスロットルバルブを通過する空気についてのモデルを使用して同スロットルバルブを通過する空気流量を推定スロットル通過空気流量として推定するスロットル通過空気流量推定手段と、

前記吸気通路とシリンダとを連通・遮断する吸気弁を通過する空気についてのモデルを使用して同吸気弁を通過する空気流量を推定吸気弁通過空気流量として推定する吸気弁通過空気流量推定手段と、

少なくとも前記推定スロットル通過空気流量と前記推定吸気弁通過空気流量とに基いて前記シリンダに吸入される筒内吸入空気量を推定する筒内吸入空気量推定手段と、を備えた
10 内燃機関の筒内吸入空気量推定装置であって、

前記吸気通路に吸入される実際の吸入空気流量に応じた出力値を発生するとともに同実際の吸入空気流量を実吸入空気流量として計測する空気流量センサと、前記空気流量センサについてのモデルを使用して、前記実吸入空気流量が前記推定スロットル通過空気流量であると仮定した場合に同空気流量センサが出力するであろう出力値を推定するとともに同推定した出力値に基いて前記吸気通路に吸入される吸入空気流量を推定吸入空気流量として推定する吸入空気流量推定手段と、

前記推定吸入空気流量と前記実吸入空気流量との偏差に基いて前記推定吸気弁通過空気流量を補正するように前記吸気弁通過空気流量推定手段を補正する補正手段と、

を備えた内燃機関の筒内吸入空気量推定装置。
20

【請求項 2】

請求項 1 に記載の内燃機関の筒内吸入空気量推定装置において、

前記補正手段は、前記推定吸入空気流量と前記実吸入空気流量との偏差に基いて前記推定スロットル通過空気流量を補正するように前記スロットル通過空気流量推定手段を補正するよう構成された内燃機関の筒内吸入空気量推定装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の内燃機関の筒内吸入空気量推定装置であって、エネルギー保存則に基づいて求められた前記シリンダについてのモデルを使用して同シリンダ内の圧力を計算により推定する筒内圧力推定手段を備え、

前記吸気弁通過空気流量推定手段は、前記推定されたシリンダ内の圧力を使用した前記吸気弁を通過する空気についてのモデルにより前記推定吸気弁通過空気流量を推定するよう
30 に構成された内燃機関の筒内吸入空気量推定装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の内燃機関の筒内吸入空気量推定装置であって、

前記吸気弁通過空気流量推定手段が使用する前記吸気弁を通過する空気についてのモデルは、エネルギー保存則、運動量保存則、及び質量保存則に基いて得られたモデルである内燃機関の筒内吸入空気量推定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関のシリンダ内に吸入される筒内吸入空気量を吸気系のモデル（シミュレーションモデル、物理モデル）に基づいて推定する内燃機関の筒内吸入空気量推定装置に関する。
40

【0002】

【従来の技術】

内燃機関により燃焼される混合気の空燃比を所定の値とするためには、同内燃機関のシリンダ内（筒内、燃焼室内）に吸入される空気の量（以下、「筒内吸入空気量 M_c 」と称呼する。）を精度良く求める必要がある。通常、内燃機関の吸気通路には空気流量センサが備えられ、この空気流量センサの出力値により筒内吸入空気量 M_c が推定される。ところが、スロットルバルブ開度が時間的に大きく変化する場合等、内燃機関が過渡運転状態に
50

ある場合、前記空気流量センサの出力値から筒内吸入空気量 M_c を精度良く求めることは困難である。そこで、近年においては、流体力学等に基づく式により表される吸気系のモデルを用いることにより、筒内吸入空気量 M_c に応じた値を精度良く推定する種々の試みがなされている（例えば、下記特許文献1を参照）。図22は、このような筒内吸入空気量推定装置のうち、本願の出願人が検討しているものを概念的に示して、この筒内吸入空気量推定装置は、電子制御スロットルモデルM10、スロットルモデルM20、吸気弁モデルM30、及び吸気管モデルM40を備えている。

【0003】

ところで、筒内吸入空気量 M_c は、吸気弁が閉弁するとき（吸気弁閉時）に確定し、その時点でのシリンダ内の圧力と比例する関係がある。また、吸気弁閉時のシリンダ内の圧力は吸気弁の上流であってスロットルバルブの下流の圧力、即ち吸気管内の空気圧力（吸気管圧力） P_m と等しいとみなすことができる。以上のことから、図22に示した筒内吸入空気量推定装置は、モデルM10～M40により吸気弁閉時の吸気管内空気圧力 P_m を推定し、同推定した吸気管内空気圧力 P_m から筒内吸入空気量 M_c を推定するようになっている。

【0004】

より具体的に述べると、電子制御スロットルモデルM10は、吸気弁閉時のスロットルバルブ開度 θ_t を推定するようになっている。スロットルモデルM20は、スロットルバルブを通過する空気流量（推定スロットル通過空気流量） m_t を、エネルギー保存則、運動量保存則、質量保存則、及び状態方程式に基づいて得られたモデルにより推定するようになっている。

【0005】

吸気弁モデルM30は、吸気管内空気圧力 P_m 、吸気管内空気温度 T_m 、及び吸気温度 T_a 等から筒内吸入空気流量（推定吸気弁通過空気流量） m_c を推定するようになっている。即ち、上述したように、筒内吸入空気流量 m_c は吸気管内空気圧力 P_m に比例すると考えられるから、吸気弁モデルM30は経験則に基づく下記数1にしたがって筒内吸入空気流量 m_c を求める。

【0006】

【数1】

$$m_c = (T_a / T_m) \cdot (c \cdot P_m - d)$$

【0007】

上記数1において、値 c は比例係数、値 d は筒内に残存していた既燃ガスを表す値（この値は、排気弁閉時の筒内ガス量と考えられる。以下、簡単に「既燃ガス量 d 」と云う。）である。吸気弁モデルM30は、エンジン回転速度 N_e 、吸気弁の開閉タイミング V_T 、及び吸気弁最大リフト量 L_{max} 等と、比例係数 c 、及び既燃ガス量 d との関係をそれぞれ規定するテーブル（ルックアップテーブル、マップ）を記憶していて、実際のエンジン回転速度 N_e 、実際の吸気弁開閉タイミング V_T 、及び吸気弁最大リフト量 L_{max} と、前記記憶しているテーブルとから比例係数 c 、及び既燃ガス量 d を求める。また、吸気弁モデルM30は、演算時点において、後述する吸気管モデルM40により既に推定されている直前（最新）の吸気弁閉時の吸気管内空気圧力 P_m と吸気管内空気温度 T_m とを上記数1に適用し、筒内吸入空気流量 m_c を推定する。

【0008】

吸気管モデルM40は、質量保存則とエネルギー保存則とにそれぞれ基づいた式にしたがって、スロットルモデルM20により推定されたスロットル通過空気流量 m_t と、吸気弁モデルM30により推定された筒内吸入空気流量 m_c とを用いて、吸気弁閉時の吸気管内空気圧力 P_m を推定するようになっている。そして、この筒内吸入空気量推定装置は、前記吸気管モデルM40により推定された吸気弁閉時の吸気管内空気圧力 P_m に基づいて筒内吸入空気量 M_c を推定するようになっている。

【0009】

【特許文献1】

10

20

30

40

50

特開平6-74076号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

この種の筒内吸入空気量推定装置に対して、本願の出願人は、実際の筒内吸入空気量と前述のように推定された筒内吸入空気量 M_c との定常的な誤差を小さくし、同推定された筒内吸入空気量 M_c の推定精度を向上させるため、以下のようなオブザーバを追加することを検討している（特願2001-316350を参照）。

【0011】

即ち、このオブザーバは、内燃機関の吸気通路に配設されるとともに同吸気通路に吸入される実際の吸入空気流量（実吸入空気流量） m_{tAFM} を計測するエアフローメータ（空気流量センサ）と、同エアフローメータについてのモデルであるエアフローメータモデルを使用して、前記実吸入空気流量が前記スロットルモデル $M20$ により推定された推定スロットル通過空気流量 m_t であると仮定した場合に同エアフローメータが出力するであろう出力値を推定するとともに同推定した出力値に基いて前記吸気通路に吸入される吸入空気流量を推定吸入空気流量 m_{tes} として推定する吸入空気流量推定手段とを備え、推定吸入空気流量 m_{tes} と実吸入空気流量 m_{tAFM} との偏差に応じて同スロットルモデル $M20$ により推定された推定スロットル通過空気流量 m_t を補正するようになっている。

【0012】

このようなオブザーバを追加したことにより、例えば、推定吸入空気流量 m_{tes} が実吸入空気流量 m_{tAFM} よりも小さい場合、推定スロットル通過空気流量 m_t が推定吸入空気流量 m_{tes} と実吸入空気流量 m_{tAFM} との偏差に応じた量だけ大きく設定されて、この結果、スロットルバルブ下流の前記吸気管内空気圧力 P_m が増大することにより筒内吸入空気量 M_c が増大する。同様に、推定吸入空気流量 m_{tes} が実吸入空気流量 m_{tAFM} よりも大きい場合、筒内吸入空気量 M_c が減少する。このようにして、実際の筒内吸入空気量と推定された筒内吸入空気量 M_c との定常的な誤差が小さくなる。

【0013】

しかしながら、内燃機関がスロットルバルブ開度が最大の開度で一定となるスロットル全開定常運転状態にある場合、スロットルバルブ下流の吸気管内空気圧力 P_m はスロットルバルブ上流の圧力（即ち、大気圧 P_a ）よりも僅かに小さい値にまで大きくなっている。従って、内燃機関が前記スロットル全開定常運転状態にあって、且つ推定吸入空気流量 m_{tes} が実吸入空気流量 m_{tAFM} よりも小さい場合、上記オブザーバによる推定スロットル通過空気流量 m_t の増大により前記吸気管内空気圧力 P_m が増大せしめられると、同吸気管内空気圧力 P_m が直ちに大気圧 P_a よりも大きくなってスロットルモデル $M20$ により推定される推定スロットル通過空気流量 m_t が直ちに負の値（逆流を示す値）となる。よって、スロットルバルブ下流の吸気管内空気圧力 P_m は増大できないことから筒内吸入空気量 M_c も増大せず、この結果、実際の筒内吸入空気量と推定された筒内吸入空気量 M_c との定常的な誤差が残存してしまう場合があるという問題があった。

【0014】

従って、本発明の目的は、内燃機関のシリンダ内に吸入される筒内吸入空気量を吸気系のモデルに基づいて推定する内燃機関の筒内吸入空気量推定装置であって、実際の筒内吸入空気量と推定した筒内吸入空気量との定常的な誤差を効果的に低減することができるものを提供することにある。

【0015】

【本発明の概要】

本発明の特徴は、内燃機関の吸気通路に配設されたスロットルバルブを通過する空気についてのモデルを使用して同スロットルバルブを通過する空気流量を推定スロットル通過空気流量として推定するスロットル通過空気流量推定手段と、前記吸気通路とシリンダとを連通・遮断する吸気弁を通過する空気についてのモデルを使用して同吸気弁を通過する空気流量を推定吸気弁通過空気流量として推定する吸気弁通過空気流量推定手段と、少なくとも前記推定スロットル通過空気流量と前記推定吸気弁通過空気流量とに基いて前記シリ

シリンダに吸入される筒内吸入空気量を推定する筒内吸入空気量推定手段と、を備えた内燃機関の筒内吸入空気量推定装置が、前記吸気通路に吸入される実際の吸入空気流量に応じた出力値を発生するとともに同実際の吸入空気流量を実吸入空気流量として計測する空気流量センサと、前記空気流量センサについてのモデルを使用して、前記実吸入空気流量が前記推定スロットル通過空気流量であると仮定した場合に同空気流量センサが出力するであろう出力値を推定するとともに同推定した出力値に基づいて前記吸気通路に吸入される吸入空気流量を推定吸入空気流量として推定する吸入空気流量推定手段と、前記推定吸入空気流量と前記実吸入空気流量との偏差に基づいて前記推定吸気弁通過空気流量を補正するように前記吸気弁通過空気流量推定手段を補正する補正手段とを備えたことにある。

【0016】

ここにおいて、前記補正手段は、前記吸気弁通過空気流量推定手段により推定された前記推定吸気弁通過空気流量を直接補正するように同吸気弁通過空気流量推定手段を補正するよう構成されていても、同吸気弁通過空気流量推定手段が同推定吸気弁通過空気流量を推定する際に所定のパラメータ（係数）を使用する場合には、同所定のパラメータを補正し、その結果として同推定吸気弁通過空気流量を補正するように同吸気弁通過空気流量推定手段を補正するよう構成されてもよい。

【0017】

また、この場合、前記補正手段は、前記推定吸入空気流量と前記実吸入空気流量との偏差に基づいて前記推定スロットル通過空気流量を補正するように前記スロットル通過空気流量推定手段をも補正するよう構成されることが好適である。この場合も、前記補正手段は、前記スロットル通過空気流量推定手段により推定された前記推定スロットル通過空気流量を直接補正するように同スロットル通過空気流量推定手段を補正するように構成されていても、同スロットル通過空気流量推定手段が同推定スロットル通過空気流量を推定する際に所定のパラメータ（係数）を使用する場合には、同所定のパラメータを補正し、その結果として同推定スロットル通過空気流量を補正するように同スロットル通過空気流量推定手段を補正するよう構成されてもよい。

【0018】

これらによれば、補正手段により、推定吸入空気流量と実吸入空気流量との偏差に基づいて推定吸気弁通過空気流量を補正するように吸気弁通過空気流量推定手段が補正される。従って、推定吸入空気流量が実吸入空気流量よりも小さい場合、上記発明が解決しようとする課題の欄にて述べたように上記スロットルバルブ下流の吸気管内空気圧力 P_m を増大せしめることなく、直接的に推定吸気弁通過空気流量（筒内吸入空気流量 m_c ）を増大せしめることができ、その結果、筒内吸入空気量推定手段により推定されるシリンダに吸入される筒内吸入空気量（ M_c ）を増大せしめることが可能となる。

【0019】

従って、内燃機関がスロットルバルブ開度が最大の開度で一定となる上述したスロットル全開定常運転状態にある場合であっても、前記推定吸入空気流量と前記実吸入空気流量との大小関係に拘わらず実際の筒内吸入空気量と推定された筒内吸入空気量（ M_c ）との定常的な誤差を確実に低減することができ、その結果、内燃機関により燃焼される混合気の空燃比を精度良く所定の値とすることができる。

【0020】

また、上記したいずれかの内燃機関の筒内吸入空気量推定装置は、エネルギー保存則に基づいて求められた前記シリンダについてのモデルを使用して同シリンダ内の圧力を計算により推定する筒内圧力推定手段を備え、前記吸気弁通過空気流量推定手段は、前記推定されたシリンダ内の圧力を使用した前記吸気弁を通過する空気についてのモデルにより前記推定吸気弁通過空気流量を推定するように構成されることが好適である。

【0021】

これによれば、シリンダ内の圧力（筒内圧力）が計算により求められる。また、筒内圧力が求められれば、吸気弁通過空気流量推定手段は、同筒内圧力を使用した「吸気弁を通過する空気についてのモデル」により推定吸気弁通過空気流量（筒内吸入空気流量 m_c ）を

10

20

30

40

50

計算により求めることが可能となる。従って、多くのパラメータの組み合わせに対するテーブル値（上記比例係数 c 、及び既燃ガス量 d 等）の適合を行うことなく、筒内吸入空気量（ M_c ）を精度良く求めることが可能となる。

【0022】

この場合、前記吸気弁通過空気流量推定手段が使用する前記吸気弁を通過する空気についてのモデルは、エネルギー保存則、運動量保存則、及び質量保存則に基いて得られたモデルであることが好適である。これによれば、経験則ではなく、物理法則にしたがって表されたモデル（式）により推定吸気弁通過空気流量（筒内吸入空気流量 m_c ）を計算することができるので、筒内吸入空気量（ M_c ）の推定精度を向上することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による内燃機関の筒内吸入空気量推定装置を含む燃料噴射量制御装置の実施形態について図面を参照しつつ説明する。図1は、この燃料噴射量制御装置を火花点火式多気筒（例えば、4気筒）内燃機関10に適用したシステムの概略構成を示している。

【0024】

内燃機関10は、シリンダブロック、シリンダブロックローケース、及びオイルパン等を含むシリンダブロック部20と、シリンダブロック部20の上に固定されるシリンダヘッド部30と、シリンダブロック部20にガソリン混合気を供給するための吸気系統40と、シリンダブロック部20からの排ガスを外部に放出するための排気系統50とを含んでいる。

【0025】

シリンダブロック部20は、シリンダ21、ピストン22、コンロッド23、及びクランク軸24を含んでいる。ピストン22はシリンダ21内を往復動し、ピストン22の往復動がコンロッド23を介してクランク軸24に伝達され、これにより同クランク軸24が回転するようになっている。シリンダ21とピストン22のヘッドは、シリンダヘッド部30とともに燃焼室25を形成している。

【0026】

シリンダヘッド部30は、燃焼室25に連通した吸気ポート31、吸気ポート31を開閉する吸気弁32、吸気弁32を駆動するインテークカムシャフトを含むとともに同インテークカムシャフトの位相角及び同吸気弁32のバルブリフト量（最大バルブリフト量）を連続的に変更し得る吸気弁制御装置33、吸気弁制御装置33のアクチュエータ33a、燃焼室25に連通した排気ポート34、排気ポート34を開閉する排気弁35、排気弁35を駆動するエキゾーストカムシャフト36、点火プラグ37、点火プラグ37に与える高電圧を発生するイグニッションコイルを含むイグナイタ38、及び燃料を吸気ポート31内に噴射するインジェクタ（燃料噴射手段）39を備えている。

【0027】

吸気系統40は、吸気ポート31に連通し同吸気ポート31とともに吸気通路を形成するインテークマニホールドを含む吸気管41、吸気管41の端部に設けられたエアフィルタ42、吸気管41内であって吸気通路の開口断面積を可変とするスロットルバルブ43、及びスワールコントロールバルブ（以下、「SCV」と称呼する。）44を備えている。スロットルバルブ43は、DCモータからなるスロットルバルブアクチュエータ43aにより吸気管41内で回転駆動されるようになっている。SCV44は、前記スロットルバルブ43よりも下流で前記インジェクタ39よりも上流の位置にて前記吸気管41に対し回動可能に支持されるとともに、DCモータからなるSCVアクチュエータ44aにより回転駆動されるようになっている。

【0028】

図2は、一つの気筒（特定の気筒）の燃焼室25、及び同燃焼室25の近傍部分の概略平面図である。図2に示したように、前記吸気ポート31は、実際には各気筒に一对一で設けられた吸気ポート31a、31bからなっている。吸気ポート31aは、燃焼室25内にスワール（旋回流）を発生させるようにヘリカル状に形成され所謂スワールポートを構

10

20

30

40

50

成し、吸気ポート 31 b は所謂ストレートポートを構成している。吸気管 41 のサージタンク（図 1 において符号 SG により示す。）から各燃焼室 25 に至る部分（即ち、インテークマニホールドの一部）には、吸気管 41 の長手方向に沿って伸びる隔壁 41 a が形成されていて、これにより吸気管 41 は吸気ポート 31 a に連通する第 1 インテークマニホールド 45 と、吸気ポート 31 b に連通する第 2 インテークマニホールド 46 とに区画されている。隔壁 41 a の適宜個所には第 1、第 2 インテークマニホールド 45、46 を連通する連通路 41 b が形成されていて、前記インジェクタ 39 は同連通路 41 b の近傍位置に固定され、吸気ポート 31 a、31 b に向けて燃料を噴射するようになっている。

【0029】

前記 SCV 44 は、第 2 インテークマニホールド 46 に備えられている。従って、SCV 44 が第 2 インテークマニホールド 46 を閉塞すると、空気（混合気）が主として吸気ポート 31 a を通過して燃焼室 25 内に吸入され、同燃焼室 25 内にスワールが発生し、これにより超希薄空燃比での燃焼が可能となる。一方、SCV 44 が第 2 インテークマニホールド 46 を開放すると、空気が両吸気ポート 31 a、31 b を通過して燃焼室 25 内に吸入され、これにより、燃焼室 25 に吸入される空気量が増加し、機関の出力を増大させることが可能となる。

【0030】

再び図 1 を参照すると、排気系統 50 は、排気ポート 34 に連通したエキゾーストマニホールド 51、エキゾーストマニホールド 51 に接続されたエキゾーストパイプ 52、及びエキゾーストパイプ 52 に介装された触媒コンバータ（三元触媒装置）53 を備えている

【0031】

一方、このシステムは、空気流量センサとしての熱線式エアフローメータ 61、吸気温度センサ 62、大気圧センサ（スロットルバルブ上流圧力センサ）63、スロットルポジションセンサ 64、SCV 開度センサ 65、カムポジションセンサ 66、吸気弁リフト量センサ 67、クランクポジションセンサ 68、水温センサ 69、O₂ センサ 70、及びアクセル開度センサ 71 を備えている。

【0032】

エアフローメータ 61 は、概略斜視図である図 3 に示したように、吸気管 41 内を流れる吸入空気の一部をバイパスさせるバイパス通路と、このバイパス通路にバイパスされた吸入空気の質量流量を計測する熱線計量部 61 a と、計測された質量流量に応じた電圧 V_g（出力値）を出力する信号処理部 61 b とからなっている。熱線計量部 61 a は、その拡大斜視図である図 4 に示したように、白金熱線からなる吸気温度計測用抵抗（ボビン部）61 a 1 と、同吸気温度計測用抵抗 61 a 1 を前記信号処理部 61 b に連結して保持するサポート部 61 a 2 と、加熱用抵抗（ヒータ）61 a 3 と、同加熱用抵抗 61 a 3 を前記信号処理部 61 b に連結して保持するサポート部 61 a 4 とを備えている。信号処理部 61 b は、吸気温度計測用抵抗 61 a 1 と加熱用抵抗 61 a 3 とで構成されるブリッジ回路を有し、このブリッジ回路により吸気温度計測用抵抗 61 a 1 と加熱用抵抗 61 a 3 との温度差を常に一定に維持するように同加熱用抵抗 61 a 3 に供給する電力を調整するとともに、この供給する電力を前記電圧 V_g に変換して出力するようになっている。エアフローメータ 61 の出力 V_g と実吸入空気流量としての吸入空気流量 m_t A F M の関係は図 5 に示したとおりである。

【0033】

吸気温度センサ 62 は、エアフローメータ 61 内に備えられていて、吸入空気の温度を検出し、吸気温度 T_a を表す信号を出力するようになっている。大気圧センサ 63 は、スロットルバルブ 43 の上流の圧力（即ち、大気圧）を検出し、スロットルバルブ上流圧力 P_a を表す信号を出力するようになっている。スロットルポジションセンサ 64 は、スロットルバルブ 43 の開度（スロットルバルブ開度）を検出し、スロットルバルブ開度 T_A を表す信号を出力するようになっている。SCV 開度センサ 65 は、SCV 44 の開度を検出し、SCV 開度 θ_{iv} を表す信号を出力するようになっている。

【0034】

カムポジションセンサ66は、インテークカムシャフトが90°回転する毎に（即ち、クランク軸24が180°回転する毎に）一つのパルスをもつ信号（G2信号）を発生するようにになっている。吸気弁リフト量センサ67は、吸気弁31のリフト量を検出し、吸気弁が全閉のとき「0」の値をとる吸気弁リフト量Lを表す信号を出力するようになっている。クランクポジションセンサ68は、クランク軸24が10°回転する毎に幅狭のパルスを有するとともに同クランク軸24が360°回転する毎に幅広のパルスを有する信号を出力するようになっている。この信号は、エンジン回転速度Neを表す。水温センサ69は、内燃機関10の冷却水の温度を検出し、冷却水温THWを表す信号を出力するようになっている。O₂センサ70は、触媒コンバータ53に流入する排ガス中の酸素濃度に応じた信号を出力するようになっている。アクセル開度センサ71は、運転者によって操作されるアクセルペダル82の操作量Accpを表す信号を出力するようになっている。

10

【0035】

電気制御装置80は、互いにバスで接続されたCPU81、CPU81が実行するプログラム、テーブル（マップ）、定数等を予め記憶したROM82、CPU81が必要に応じてデータを一時的に格納するRAM83、電源が投入された状態でデータを格納するとともに同格納したデータを電源が遮断されている間も保持するバックアップRAM84、及びADコンバータを含むインターフェース85等からなるマイクロコンピュータである。インターフェース85は、前記センサ61～71と接続され、CPU81にセンサ61～71からの信号を供給するとともに、同CPU81の指示に応じて吸気弁制御装置33のアクチュエータ33a、イグナイタ38、インジェクタ39、スロットルバルブアクチュエータ43a、及びSCVアクチュエータ44aに駆動信号を送出するようになっている。

20

【0036】

次に、上記のように構成された燃料噴射量制御装置によるシミュレーションモデルを用いた燃料噴射量の決定方法（筒内吸入空気量Mcの推定方法）について説明する。以下に述べる処理は、CPU81がプログラムを実行することによりなされる。

【0037】

（燃料噴射量fcの決定方法・筒内吸入空気量Mcの推定方法）

30

燃料噴射量制御装置は、吸気行程にある気筒の吸気弁32が閉じる前に同気筒に対して燃料を噴射しなければならない。また、燃焼室25内に直接的に燃料を噴射する形式の内燃機関であっても、吸気行程が終了する前に燃料を噴射する必要がある。このため、燃料噴射量制御装置は、吸気弁32が閉じた時点で（即ち、吸気弁閉時に）同気筒内に吸入されているであろう筒内吸入空気量Mcを吸気弁が閉弁する前に予測し、下記数2に基づいて燃料噴射量（基本噴射量）fcを決定する。数2において、Kは運転状態に応じて変化する設定空燃比に基づく係数である。

【0038】

【数2】

$$f_c = K \cdot M_c$$

40

【0039】

より具体的に述べると、燃料噴射量制御装置（筒内吸入空気量推定装置）は、図6に示したように、電子制御スロットルモデルM1、スロットルモデルM2、吸気管モデルM3、吸気弁モデルM4、及びシリンダモデルM5のシミュレーションモデルを用いて筒内吸入空気量Mcを推定する。なお、スロットルモデルM2はスロットル通過空気流量推定手段として機能し、吸気弁モデルM4は吸気弁通過空気流量推定手段として機能し、シリンダモデルM5は筒内圧力推定手段として機能するとともに、前記モデルM1～M5はシリンダ21内に吸入される筒内吸入空気量Mcを推定する筒内吸入空気量推定手段を構成する。

【0040】

50

(電子制御スロットルモデルM1)

電子制御スロットルモデルM1は、現時点までのアクセルペダル操作量 A_{ccp} に基づいて現時点から所定時間 T_0 先の時刻 t におけるスロットルバルブ開度 θ_t を推定するモデルである。本実施形態においては、スロットルバルブ電子制御ロジックA1にて、アクセル開度センサ71により検出されたアクセルペダル操作量 A_{ccp} と、図7に示したアクセルペダル操作量 A_{ccp} と目標スロットルバルブ開度 θ_r との関係を規定するテーブルとに基づいて暫定的な目標スロットルバルブ開度 θ_{r1} が求められ、この暫定的な目標スロットルバルブ開度 θ_{r1} を所定時間 T (例えば、64 msec) だけ遅延させた値が最終的な目標スロットルバルブ開度 θ_r として決定される。そして、スロットルバルブ電子制御ロジックA1 (電気制御装置80) は、実際のスロットルバルブ開度 T_A が目標スロットルバルブ開度 θ_r となるようにスロットルバルブアクチュエータ43aに対して駆動信号を送出する。

【0041】

このように、目標スロットルバルブ開度 θ_r は、現時点から所定時間 T だけ前の時点におけるアクセルペダル操作量 A_{ccp} に応じて決定された暫定的な目標スロットルバルブ開度 θ_{r1} と等しいから、現時点から所定時間 T_0 だけ先の時刻 t における目標スロットルバルブ開度 θ_r は現時点から時間 $(T - T_0)$ 前における暫定的な目標スロットルバルブ開度 θ_{r1} と等しい。また、現時点から時間 $(T - T_0)$ 前における暫定的な目標スロットルバルブ開度 θ_{r1} は、スロットルバルブアクチュエータ43aの作動遅れ時間を無視すれば、スロットルバルブ開度 θ_t と等しい。このような考えに基づき、電子制御スロットルモデルM1は、現時点から所定時間 T_0 だけ先の時刻 t におけるスロットルバルブ開度 θ_t を推定する。即ち、現時点から時間 $(T - T_0)$ 前における暫定的な目標スロットルバルブ開度 θ_{r1} を現時点から所定時間 T_0 だけ先の時刻 t におけるスロットルバルブ開度 θ_t として推定する。なお、スロットルバルブアクチュエータ43aの作動遅れ時間を考慮に加えて、スロットルバルブ開度 θ_t を推定してもよい。

【0042】

(スロットルモデルM2)

スロットルモデルM2は、スロットルバルブ43を通過する空気流量 (推定スロットル通過空気流量) m_t を、エネルギー保存則、運動量保存則、質量保存則、及び状態方程式等の物理法則に基づいて得られた下記数3及び下記数4に基づいて推定するモデルである。下記数3及び下記数4において、 $C_t(\theta_t)$ はスロットルバルブ開度 θ_t に応じて変化する流量係数、 $A_t(\theta_t)$ はスロットルバルブ開度 θ_t に応じて変化するスロットル開口面積 (吸気管41の開口面積)、 P_a はスロットルバルブ上流圧力 (即ち、大気圧)、 P_m は吸気管内空気圧力 (吸気管圧力)、 T_a は吸気温度 (大気温度)、 T_m は吸気管内空気温度、 R は気体定数、及び κ は比熱比 (以下、 κ を一定値として扱う。) である。スロットルモデルM2は、スロットルバルブ上流圧力 P_a が吸気管内空気圧力 P_m より大きい順流の場合に数3を使用し、スロットルバルブ上流圧力 P_a が吸気管内空気圧力 P_m より小さい逆流の場合に数4を使用する。この結果、スロットル通過空気流量 m_t は、前記順流の場合に正の値を、前記逆流の場合に負の値をそれぞれ採るように計算される。

【0043】

【数3】

$$m_t = C_t(\theta_t) A_t(\theta_t) P_a \sqrt{\frac{\kappa + 1}{2 \kappa R T_a}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa + 1}\right)^2 - \left(\frac{P_m}{P_a} - \frac{1}{\kappa + 1}\right)^2}$$

【0044】

【数4】

10

20

30

40

$$m_t = -C_t(\theta_t)A_t(\theta_t)P_m \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_m}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_a}{P_m} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2}$$

【0045】

上記数3及び数4において、 θ_t は電子制御スロットルモデルM1により推定された現時点から所定時間T0だけ先の時刻tにおける推定スロットルバルブ開度である。スロットルモデルM2は、スロットルバルブ開度 θ_t と流量係数 $C_t(\theta_t)$ との関係を規定した図8に示すテーブルと前記推定したスロットルバルブ開度 θ_t とを用いて流量係数 $C_t(\theta_t)$ を求めるとともに、スロットルバルブ開度 θ_t と開口面積 $A_t(\theta_t)$ との関係を規定した図9に示すテーブルと前記推定したスロットルバルブ開度 θ_t とを用いて開口面積 $A_t(\theta_t)$ を求める。なお、スロットルモデルM2は、スロットルバルブ開度 θ_t と、流量係数 $C_t(\theta_t)$ と開口面積 $A_t(\theta_t)$ の積値 $C_t(\theta_t) \cdot A_t(\theta_t)$ との関係を規定した図10に示すテーブル、及び前記推定したスロットルバルブ開度 θ_t を用いて積値 $C_t(\theta_t) \cdot A_t(\theta_t)$ を一時に求めるように構成してもよい。

【0046】

また、スロットルモデルM2は、スロットルバルブ上流圧力 P_a 、及び吸気温度 T_a を大気圧センサ63、及び吸気温センサ62からそれぞれ取得するとともに、吸気管内空気圧力 P_m と吸気管内空気温度 T_m とを後述する吸気管モデルM3から取得し、これらの値を用いて上記数3又は数4を計算し、時刻tにおけるスロットル通過空気流量 m_t を推定する。

【0047】

ここで、上記スロットルモデルM2を記述した数3及び数4の導出過程について説明する。いま、スロットルバルブ43の上流の開口断面積を A_u 、空気密度を ρ_u 、空気の流速を v_u とし、スロットルバルブ43による吸気管41の開口断面積を A_d 、そこでの空気密度を ρ_d 、スロットルバルブ43を通過する空気の流速を v_d とすると、スロットル通過空気流量 m_t は、下記数5で表される。数5は質量保存則を記述した式と言える。

【0048】

【数5】

$$m_t = A_d \cdot \rho_d \cdot v_d = A_u \cdot \rho_u \cdot v_u$$

【0049】

一方、運動エネルギーは、空気の質量を m とすると、スロットルバルブ43の上流で $m \cdot v_u^2 / 2$ であり、スロットルバルブ43を通過する場所で $m \cdot v_d^2 / 2$ である。他方、熱エネルギーは、スロットルバルブ43の上流で $m \cdot C_p \cdot T_u$ であり、スロットルバルブ43を通過する場所で $m \cdot C_p \cdot T_d$ である。従って、エネルギー保存則により、下記数6が得られる。なお、 T_u はスロットルバルブ上流の空気温度、 T_d はスロットルバルブ下流の空気温度、 C_p は定圧比熱である。

【0050】

【数6】

$$m \cdot v_u^2 / 2 + m \cdot C_p \cdot T_u = m \cdot v_d^2 / 2 + m \cdot C_p \cdot T_d$$

【0051】

ところで、状態方程式は下記数7、比熱比 κ は下記数8、マイヤーの関係は下記数9で示されるから、数7～数9より $C_p \cdot T$ は下記数10のように表される。なお、 P は気体の圧力、 ρ は気体の密度、 T は気体の温度、 R は気体定数、 C_v は定容比熱である。

【0052】

【数7】

$$P = \rho \cdot R \cdot T$$

【0053】

【数8】

$$\kappa = C_p / C_v$$

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

【 数 9 】

$$C_p = C_v + R$$

【 0 0 5 5 】

【 数 1 0 】

$$C_p \cdot T = \{ \kappa / (\kappa - 1) \} \cdot (P / \rho)$$

【 0 0 5 6 】

上記数 1 0 の関係を用いて上記エネルギー保存則に基づく数 6 を書換えると、下記数 1 1 が得られる。

【 0 0 5 7 】

【 数 1 1 】

$$v_u^2 / 2 + \{ \kappa / (\kappa - 1) \} \cdot (P_u / \rho_u) = v_d^2 / 2 + \{ \kappa / (\kappa - 1) \} \cdot (P_d / \rho_d)$$

【 0 0 5 8 】

そして、スロットルバルブ 4 3 の無限上流を考えると、 $A_u = \infty$ 、 $v_u = 0$ であるから、エネルギー保存則に基づく上記数 1 1 は下記数 1 2 に書き換えられる。

【 0 0 5 9 】

【 数 1 2 】

$$\{ \kappa / (\kappa - 1) \} \cdot (P_u / \rho_u) = v_d^2 / 2 + \{ \kappa / (\kappa - 1) \} \cdot (P_d / \rho_d)$$

【 0 0 6 0 】

次に、運動量について記述する。断面積 A_u の部分に加わる圧力を P_u 、断面積 A_d の部分に加わる圧力を P_d 、断面積 A_u の部分と断面積 A_d の部分との間をつなぐ固定された空間の平均圧力を P_{mean} とすると、下記数 1 3 が得られる。

【 0 0 6 1 】

【 数 1 3 】

$$\rho_d \cdot v_d^2 \cdot A_d - \rho_u \cdot v_u^2 \cdot A_u = P_u \cdot A_u - P_d \cdot A_d + P_{mean} \cdot (A_d - A_u)$$

【 0 0 6 2 】

上記数 1 3 で、 $A_u = \infty$ 、 $v_u = 0$ を考慮すると、下記数 1 4 が得られるので、同数 1 4 と上記数 1 3 とから下記数 1 5 の運動量に関する関係（運動量保存則に基づく関係）が得られる。

【 0 0 6 3 】

【 数 1 4 】

$$P_{mean} = P_u$$

【 0 0 6 4 】

【 数 1 5 】

$$\rho_d \cdot v_d^2 = P_u - P_d$$

【 0 0 6 5 】

従って、上記数 5、上記数 1 2、及び上記数 1 5 から、下記数 1 6 が得られる。

【 0 0 6 6 】

【 数 1 6 】

$$m_t = A_d \sqrt{P_u \cdot \rho_u} \sqrt{\left(\frac{P_d}{P_u} + \frac{1}{2} \frac{\kappa - 1}{\kappa} \left(1 - \frac{P_d}{P_u} \right) \right) \left(1 - \frac{P_d}{P_u} \right)}$$

【 0 0 6 7 】

上記数 1 6 において、 P_u はスロットルバルブ上流圧力 P_a であり、 P_d は吸気管内空気圧力 P_m であるから、流量係数を C_t (θ_t) を導入し、開口断面積 A_d を開口面積 A_t (θ_t) とおきなおして整理すると、上記数 3 が得られる。上記数 4 の導出過程は、上記

10

20

30

40

50

数 3 の導出過程と同様であるので省略する。

【0068】

(吸気管モデル M 3)

吸気管モデル M 3 は、質量保存則とエネルギー保存則とにそれぞれ基づいた下記数 17 及び下記数 18、(推定)スロットル通過空気流量 m_t 、スロットル通過空気温度(即ち、吸入空気温度) T_a 、及び吸気管から流出する空気流量 m_c (即ち、推定吸気弁通過空気流量、筒内吸入空気流量)から、吸気管内空気圧力 P_m 、及び吸気管内空気温度 T_m を求めるモデルである。なお、下記数 17、及び下記数 18において、 V_m はスロットルバルブ 43 から吸気弁 32 までの吸気管 41 (以下、単に「吸気管部」と称呼する。)の容積である。

10

【0069】

【数 17】

$$d(P_m / T_m) / dt = (R / V_m) \cdot (m_t - m_c)$$

【0070】

【数 18】

$$dP_m / dt = \kappa \cdot (R / V_m) \cdot (m_t \cdot T_a - m_c \cdot T_m)$$

【0071】

吸気管モデル M 3 は、上記数 17、及び上記数 18におけるスロットル通過空気流量 m_t をスロットルモデル M 2 から取得し、筒内吸入空気流量 m_c を後述する吸気弁モデル M 4 から取得する。そして、数 17 及び数 18に基づく計算を行って時刻 t の吸気管内空気圧力 P_m 、及び時刻 t の吸気管内空気温度 T_m を求める。

20

【0072】

ここで、上記吸気管モデル M 3 を記述した数 17 及び数 18 の導出過程について説明する。いま、吸気管部の総空気量を M とすると、総空気量 M の時間的变化は、吸気管部に流入する空気量に相当するスロットル通過空気流量 m_t と同吸気管部から流出する空気量に相当する筒内吸入空気流量 m_c の差であるから、質量保存則に基づく下記数 19 が得られる。

【0073】

【数 19】

$$dM / dt = m_t - m_c$$

30

【0074】

また、状態方程式は下記数 20 となるから、上記数 19 と下記数 20 とから総空気量 M を消去することにより、質量保存則に基づく上記数 17 が得られる。

【0075】

【数 20】

$$P_m \cdot V_m = M \cdot R \cdot T_m$$

【0076】

次に、吸気管部に関するエネルギー保存則について検討すると、この場合、吸気管部の容積 V_m は変化せず、また、エネルギーの殆どが温度上昇に寄与する(運動エネルギーは無視し得る)と考えられる。従って、吸気管部の空気のエネルギー $M \cdot C_v \cdot T_m$ の時間的变化量は、同吸気管部に流入する空気のエネルギー $C_p \cdot m_t \cdot T_a$ と同吸気管部から流出する空気のエネルギー $C_p \cdot m_c \cdot T_m$ との差に等しいので、下記数 21 が得られる。

40

【0077】

【数 21】

$$d(M \cdot C_v \cdot T_m) / dt = C_p \cdot m_t \cdot T_a - C_p \cdot m_c \cdot T_m$$

【0078】

この数 21 を、上記数 8 ($\kappa = C_p / C_v$) と、上記数 20 ($P_m \cdot V_m = M \cdot R \cdot T_m$) とを用いて変形することにより、上記数 18 が得られる。

【0079】

(吸気弁モデル M 4)

50

吸気弁モデルM4は、吸気弁32の周囲を通過する空気流量（即ち、推定吸気弁通過空気流量、筒内吸入空気流量） m_c を、エネルギー保存則、運動量保存則、質量保存則、及び状態方程式等に基づいて得られた下記数22及び下記数23にしたがって推定するモデルである。数22、23の導出過程は、上記スロットルモデルM2の場合と同様である。数22及び数23において、 $C_v(L)$ は吸気弁32のリフト量 L に応じて変化する流量係数、 $A_v(L)$ は同リフト量 L に応じて変化する吸気弁32の周囲に形成される開口の面積、及び P_c は筒内圧力（シリンダ21内の圧力 P_c ）である。吸気弁モデルM4は、吸気管内空気圧力 P_m が筒内圧力 P_c より大きい順流の場合に数22を使用し、吸気管内空気圧力 P_m が筒内圧力 P_c より小さい逆流の場合に数23を使用する。この結果、筒内吸入空気流量（推定吸気弁通過空気流量） m_t は、前記順流の場合に正の値を、前記逆流の場合に負の値をそれぞれ採るように計算される。

10

【0080】

【数22】

$$m_c = C_v(L)A_v(L)P_m \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_m}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_c}{P_m} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2}$$

【0081】

【数23】

$$m_c = -C_v(L)A_v(L)P_c \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_c}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_m}{P_c} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2}$$

20

【0082】

吸気弁モデルM4は、現時点から所定時間 T_0 だけ先の時刻 t におけるバルブリフト量 $L(t)$ を吸気弁リフト量センサ67が検出している現時点のバルブリフト量 L と、エンジン回転速度 N_e とに基づいて推定する。そして、バルブリフト量 L と積値 $C_v(L) \cdot A_v(L)$ との関係を規定した図11に示したテーブルと、前記推定したバルブリフト量 $L(t)$ とに基づいて、上記数22及び上記数23にて使用する積値 $C_v(L) \cdot A_v(L)$ を求める。

30

【0083】

また、吸気弁モデルM4は、吸気管内空気圧力 P_m と吸気管内空気温度 T_m とを吸気管モデルM3から取得するとともに、筒内圧力 P_c と筒内空気温度 T_c を後述するシリンダモデルM5から取得し、これらの変数を用いて上記数22又は上記数23を計算することで、時刻 t における筒内吸入空気流量 m_c を推定する。

【0084】

(シリンダモデルM5)

シリンダモデルM5は、シリンダ21についてのエネルギー保存則に基づいた下記数24にしたがって、筒内圧力 P_c と筒内空気温度 T_c を求めるモデルである。図12に示したように、下記数24における V_c はシリンダ21の容積、 T_m はシリンダ21に吸入される空気の温度 T_i と等しい吸気管内空気温度、 m_c はシリンダ21内（筒内）に吸入される空気流量 m_i と等しい前記吸気管部から流出する空気流量、 Q はシリンダ21と同シリンダ21外部（シリンダ壁面、吸気ポート等）との間で伝達される熱量（熱量の時間的変化量、熱の流れ）である。

40

【0085】

【数24】

$$\frac{dP_c}{dt} = \frac{\kappa RT_m}{V_c} m_c - \frac{\kappa P_c}{V_c} \frac{dV_c}{dt} + (\kappa - 1) \frac{Q}{V_c}$$

【0086】

50

上記数 2 4 における時刻 t の筒内吸入空気流量 m_c は吸気弁モデル M 4（上記数 2 2 又は上記数 2 3）により与えられ、同時刻 t の吸気管内空気温度 T_m は吸気管モデル M 3 により与えられる。また、時刻 t のシリンダ容積 V_c はクランク角度に基づいて知ることができるので、上記数 2 4 の右辺第 3 項（熱量の項）を無視すれば、理論上、上記数 2 4 を用いて時刻 t における筒内圧力 P_c を得ることができる。

【0087】

ここで、上記数 2 4 の導出過程について説明する。まず、 E を筒内のエネルギー、 h をエンタルピー、 W をピストンに対する仕事とすると、シリンダ 2 1 についてエネルギー保存則により下記数 2 5 を得ることができる。

【0088】

【数 2 5】

$$dE/dt = m_c \cdot h - dW/dt + Q$$

【0089】

いま、内部エネルギーを u とすれば下記数 2 6 が成立し、状態方程式は下記数 2 7 の通りである。また、比熱比 κ の式である上記数 8（ $\kappa = C_p / C_v$ ）と、マイヤーの関係式である上記数 9（ $C_p = C_v + R$ ）とから、下記数 2 8 及び下記数 2 9 が成立する。なお、 M_{cy} をシリンダ 2 1 内の空気量とする。

【0090】

【数 2 6】

$$u = C_v \cdot T_c$$

【0091】

【数 2 7】

$$M_{cy} \cdot T_c = P_c \cdot V_c / R$$

【0092】

【数 2 8】

$$C_v = R / (\kappa - 1)$$

【0093】

【数 2 9】

$$C_p = \kappa \cdot R / (\kappa - 1)$$

【0094】

従って、数 2 6 ～ 数 2 8 から数 2 5 の左辺 dE/dt について、下記数 3 0 が成立する。

【0095】

【数 3 0】

$$dE/dt = d(M_{cy} \cdot u) / dt = d(M_{cy} \cdot C_v \cdot T_c) / dt = d\{P_c \cdot V_c / (\kappa - 1)\} / dt$$

【0096】

一方、数 2 5 の右辺第 1 項 $m_c \cdot h$ について、下記数 3 1 のエンタルピーの定義と上記数 2 9 から、下記 3 2 が成立する。

【0097】

【数 3 1】

$$h = C_p \cdot T_m$$

【0098】

【数 3 2】

$$m_c \cdot h = m_c \cdot \{\kappa \cdot R / (\kappa - 1)\} \cdot T_m$$

【0099】

更に、仕事 W は下記数 3 3 で表されるから、上記数 2 5 の右辺第 2 項 dW/dt について下記数 3 4 が成立する。

【0100】

【数 3 3】

$$dW = P_c \cdot dV_c$$

10

20

30

40

50

【0101】

【数34】

$$dW/dt = P_c \cdot dV_c / dt$$

【0102】

数30、数32、及び数34で数25を書き直して整理すると上記数24が得られる。

【0103】

また、シリンダモデルM5は、筒内空気温度 T_c を状態方程式である下記数35にしたがって求める。数35の M_{c1} は、数22又は数23の筒内吸入空気流量 m_c を吸気弁32が開弁してから筒内空気温度 T_c を求める時点まで時間積分して求める。

【0104】

【数35】

$$T_c = (P_c \cdot V_c) / (M_{c1} \cdot R)$$

【0105】

上記原理によれば、シリンダモデルM5の上記数24、及び上記数35により筒内圧力 P_c 、及び筒内空気温度 T_c がそれぞれ求められ、これらに基づいて数22又は数23により筒内吸入空気流量 m_c が得られる。従って、本燃料噴射量制御装置は、筒内吸入空気流量 m_c を吸気弁23が開弁した時刻 t_o から同吸気弁32が閉弁する時刻 t_f まで時間積分することにより一吸気行程にてシリンダ21内に吸入される筒内吸入空気量 M_c （吸入空気総量 S_{m_c} ）を推定し、この値 M_c と上記数2とに基づいて燃料噴射量 f_c を決定する。

【0106】

（電気制御装置80に実装する上での改良）

上記数24の右辺第3項の熱伝達 Q は、値が小さく無視することができるので、通常は上記数24を下記数36のように離散化して電気制御装置80に実装する。ここで、 Δt は筒内圧力 P_c の計算時間間隔である。

【0107】

【数36】

$$P_c(t + \Delta t) = P_c(t) + \left\{ \frac{\kappa RT_m}{V_c} m_c - \frac{\kappa P_c}{V_c} \frac{dV_c}{dt} \right\} \Delta t$$

【0108】

しかしながら、この手法により実際に筒内圧力 P_c を求めてみると、図13の一点鎖線で示したように、同筒内圧力 P_c は離散化の影響を受けて大きく変動し、真値と大きく異なってしまうことが判明した。そこで、本実施形態においては、数24の右辺第3項の値 Q を無視するとともに、便宜上、（1）シリンダの容積を一定と仮定した場合（ $dV_c = 0$ ）、及び（2）筒内吸入空気流量が0である（ $m_c = 0$ ）と仮定した場合に分け、それぞれの仮定下で数24を解析的に解くことで筒内圧力 P_c を求めることとした。以下、詳述する。

【0109】

（1）シリンダの容積を一定と仮定した場合（ $dV_c = 0$ ）

この仮定下では、上記数24は下記数37の微分方程式となり、同数37を解くと下記数38が得られる。

【0110】

【数37】

$$\frac{dP_c}{dt} = \frac{\kappa RT_m}{V_c} m_c$$

【0111】

【数38】

$$P_c(t) = \frac{\kappa P_m}{\kappa+1} \left(\frac{1}{\kappa} + \cos \left(\theta_0 - \frac{\kappa+1}{P_m} \sqrt{\frac{\kappa}{2(\kappa+1)}} \frac{RT_m}{V} A_v \sqrt{P_m \rho_m t} \right) \right)$$

【0112】

上記数38において、 $\theta_0 = \cos^{-1}(1)$ である。この数38から、筒内圧力 P_c は正弦波状に変化することが解る。一方、上記数37のEuler近似は、下記数39となる。

【0113】

【数39】

$$P'_c(t+\Delta t) = P_c(t) + \frac{m_c \kappa RT_m}{V_c} \Delta t$$

10

【0114】

また、筒内圧力 P_c が吸気管内空気圧力 P_m より大きくなることはないから、下記数40が成立する。従って、数39と数40とから下記数41が成立する。

【0115】

【数40】

$$P_c(t+\Delta t) \leq P_m$$

20

【0116】

【数41】

$$\frac{\kappa RT_m m_c}{V_c} \Delta t \leq P_m - P_c(t)$$

【0117】

更に、 θ が1に比べて極めて小さい($\theta \ll 1$)とき、下記数42が成立するから、上記数41と下記数42を上記数39に適用して下記数43を得ることができる。なお、下記数43における筒内吸入空気流量 m_c は上記数22、及び上記数23により求める。

30

【0118】

【数42】

$$\sin(\theta) \approx \theta$$

【0119】

【数43】

$$P'_c(t+\Delta t) = P_c(t) + (P_m - P_c(t)) \sin \left(\frac{m_c \kappa RT_m}{V_c (P_m - P_c(t))} \Delta t \right)$$

40

【0120】

(2) 筒内吸入空気量がない($m_c = 0$)と仮定した場合

この仮定下では、上記数24は下記数44の微分方程式となる。また、この場合、断熱膨張として扱えるから下記数45が成立する。

【0121】

【数44】

$$\frac{dP_c}{dt} = -\frac{\kappa P_c}{V_c} \frac{dV_c}{dt}$$

50

【 0 1 2 2 】

【数 4 5】

$$P_c V_c^\kappa = \text{constant}$$

【 0 1 2 3 】

以上から、下記数 4 6 が導かれる。

【 0 1 2 4 】

【数 4 6】

$$P_c(t + \Delta t) = P'_c(t) \left(\frac{V_c(t)}{V_c(t + \Delta t)} \right)^\kappa$$

10

【 0 1 2 5 】

上記数 4 3、及び上記数 4 6 により求められる筒内圧力 P_c を、図 1 3 においてそれぞれ実線、及び二点鎖線により示す。筒内圧力 P_c は、吸気管内空気圧力 P_m に近似した値となると予想されることから、本実施形態においては、吸気管内空気圧力 P_m により近い上記数 4 3 により得られる筒内圧力 $P'_c(t)$ を最終的に求める筒内圧力 P_c として採用する。

【 0 1 2 6 】

20

また、一吸気行程での筒内吸入空気量 M_c は、数 2 2 又は数 2 3 で与えられる筒内吸入空気流量 m_c を吸気弁 2 3 が開弁した時刻 t_o から同吸気弁 3 2 が閉弁する時刻 t_f まで時間積分することにより求められると述べたが、シミュレーションの結果、エネルギー保存則に基づく上記数 2 4 を時刻 t_o から時刻 t_f まで時間積分して整理した下記数 4 7 により求めた方が精度が高くなることが判明した。なお、 $P_c(t_o)$ 、及び $V_c(t_o)$ は、それぞれ吸気弁開弁時の筒内圧力 $P_c(t)$ 、及びシリンダ容積 $V_c(t)$ であり、 $P_c(t_f)$ 、及び $V_c(t_f)$ は、それぞれ吸気弁閉弁時の筒内圧力 $P_c(t)$ 、及びシリンダ容積 $V_c(t)$ である。

【 0 1 2 7 】

【数 4 7】

30

$$M_c = \frac{\frac{1}{\kappa} (P_c(t_f) V_c(t_f) - P_c(t_o) V_c(t_o)) + \frac{\kappa-1}{\kappa} \int_{t_o}^{t_f} P_c \frac{dV_c}{dt} dt}{RT_m}$$

【 0 1 2 8 】

したがって、本実施形態は、数 4 7 を離散化した下記数 4 8 に基づいて筒内吸入空気量 M_c を求める。

【 0 1 2 9 】

【数 4 8】

40

$$M_c = \frac{\frac{1}{\kappa} (P_c(t_f) V_c(t_f) - P_c(t_o) V_c(t_o)) + \frac{\kappa-1}{\kappa} \sum_{t_o}^{t_f} P_c(t) \frac{dV_c}{dt} \Delta t}{RT_m}$$

【 0 1 3 0 】

(オブザーバの追加)

本実施形態は、さらに、補正手段としてのオブザーバ O B S を追加し、筒内吸入空気量 M_c の推定精度を向上させている。上述した図 6 において、破線にて囲まれた部分が追加されたオブザーバ O B S である。

50

【0131】

このオブザーバOBSは、上記エアフローメータ61と、吸入空気流量推定手段として機能するエアフローメータモデルM6とを含んで構成されている。エアフローメータモデルM6は、スロットル通過空気流量（実吸入空気流量）が所定の量 α である場合に、エアフローメータ61が出力するであろう値を推定し、この推定値に基づいてスロットル通過空気流量（推定吸入空気流量） $mtes$ を推定するモデルである。この場合、上記所定の量 α は、スロットルモデルM2が推定した現時点から所定時間 $T0$ だけ先の時刻 t における（推定）スロットル通過空気流量 mt を、むだ時間要素により前記所定時間 $T0$ だけ遅延させたスロットル通過空気流量である現時点における（推定）スロットル通過空気流量 $mt(t-T0)$ である。

10

【0132】

ここで、エアフローメータモデルM6について具体的に述べる。エアフローメータモデルM6は、先ず、現時点におけるスロットル通過空気流量 $mt(t-T0)$ に対する完全放熱量 $W1$ 、 $W2$ を、同完全放熱量 $W1$ 、 $W2$ とスロットル通過空気流量 mt との関係をそれぞれ規定した図14に示したテーブルと、前記求められた現時点でのスロットル通過空気流量 $mt(t-T0)$ とに基づいて求める。完全放熱量 $W1$ 、及び完全放熱量 $W2$ は、図4に示した熱線計量部61aのボビン部61a1、及び同熱線計量部61aのサポート部61a2にそれぞれ対応した放熱遅れを含まない放熱量である。

【0133】

次に、エアフローメータモデルM6は、ボビン部61a1、及びサポート部61a2にそれぞれ対応する放熱量であり、完全放熱量 $W1$ 、 $W2$ に対してそれぞれ一次遅れの特性を有する（応答遅れを含む）放熱量（応答放熱量） $w1$ 、 $w2$ を下記数49及び下記数50にしたがって求める。数49、数50における添え字（ k ）は今回の演算値、添え字（ $k-1$ ）は前回の演算値を表し、 Δt は前回の演算値を求めてから今回の演算値を求めるまでの時間である。

20

【0134】

【数49】

$$w1(k) = \Delta t \cdot (W1(k) - w1(k-1)) / \tau1 + w1(k-1)$$

【0135】

【数50】

$$w2(k) = \Delta t \cdot (W2(k) - w2(k-1)) / \tau2 + w2(k-1)$$

30

【0136】

上記数49、数50において、 $\tau1$ 、及び $\tau2$ は、ボビン部61a1、及びサポート部61a2にそれぞれ対応する上記一次遅れ特性の時定数であり、下記数51及び下記数52により求められる。数51、数52中の値 $k10$ 、 $k20$ 、及び値 $m1$ 、 $m2$ には、実験的に求められた値である。また、数51、数52中の値 u はエアフローメータ61の熱線計量部61aにバイパスされた単位断面積当たりの通過空気量であり、図5に示したエアフローメータ61の出力電圧 Vg と実測された吸入空気流量 $mtAFM$ との関係を規定する $Vg-mtAFM$ 変換テーブルと、エアフローメータ61の実際の出力電圧 Vg とに基づいて求められた吸入空気流量 $mtAFM$ を、前記熱線計量部61aのバイパス流路断面積 S で除した値（ $mtAFM/S$ ）である。

40

【0137】

【数51】

$$\tau1 = k10 \cdot u^{m1}$$

【0138】

【数52】

$$\tau2 = k20 \cdot u^{m2}$$

【0139】

そして、エアフローメータモデルM6は、応答放熱量 $w1$ 、 $w2$ の和（ $w1+w2$ ）とエアフローメータ61が出力するであろう値に基づくスロットル通過空気流量 $mtes$ との

50

関係を規定した図15に示したテーブルと、上記数49～数52により求められた応答放熱量 w_1 、 w_2 の和($w_1 + w_2$)とに基づいて、現時点でエアフローメータ61が出力するであろう値に基づくスロットル通過空気流量 m_{tes} を求める。なお、内燃機関がスロットルバルブ開度 TA が一定となる定常運転状態にある場合、このスロットル通過空気流量 m_{tes} は、スロットルモデル M_2 が推定した現時点から所定時間 T_0 だけ先の時刻 t における(推定)スロットル通過空気流量 m_t (及び、現時点におけるスロットル通過空気流量 $m_t(t - T_0)$)と同一となる。

【0140】

再び、図6を参照すると、オブザーバ OBS はこのスロットル通過空気流量 m_{tes} を表す信号を比較要素 COM の一端に入力する。一方、オブザーバ OBS はエアフローメータ61の出力 V_g を図5に示したテーブルにより現時点での吸入空気流量(実吸入空気流量) m_{tAFM} に変換し、同吸入空気流量 m_{tAFM} を表す信号を比較要素 COM の他端に入力する。

10

【0141】

そして、オブザーバ OBS は比較要素 COM においてスロットル通過空気流量 m_{tes} と吸入空気流量 m_{tAFM} との偏差 SA を求め、この偏差 SA を積分要素により時間積分して偏差積分値 $SumSA$ を求めるとともに、偏差積分値 $SumSA$ に所定のゲイン G_1 (負の一定値)を乗算した値、及び同偏差積分値 $SumSA$ に所定のゲイン G_2 (負の一定値)を乗算した値を、それぞれ、スロットルモデル M_2 が推定するスロットル通過空気流量 m_t 、及び吸気弁モデル M_4 が推定する筒内吸入空気流量 m_c に加算する(フィードバックする)。即ち、本実施形態における筒内吸入空気量推定装置は、スロットル通過空気流量 m_t を、上記数3又は上記数4の代わりに下記数53又は下記数54に基づいて推定する。

20

【0142】

【数53】

$$m_t = C_t(\theta_t)A_t(\theta_t)P_a \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_a}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_m}{P_a} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2} + G_1 \cdot SumSA$$

【0143】

【数54】

$$m_t = -C_t(\theta_t)A_t(\theta_t)P_m \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_m}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_a}{P_m} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2} + G_1 \cdot SumSA$$

30

【0144】

また、本筒内吸入空気量推定装置は、筒内吸入空気流量 m_c を、上記数22又は上記数23の代わりに下記数55又は下記数56に基づいて推定する。

【0145】

【数55】

$$m_c = C_v(L)A_v(L)P_m \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_m}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_c}{P_m} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2} + G_2 \cdot SumSA$$

40

【0146】

【数56】

$$m_c = -C_v(L)A_v(L)P_c \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_c}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_m}{P_c} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2} + G_2 \cdot SumSA$$

【0147】

50

このようにして、上記偏差 SA （上記偏差積分値 $SumSA$ ）が「0」になる（小さくなる）ように、同偏差 SA に基いてスロットルモデル $M2$ により推定されたスロットル通過空気流量 mt 、及び吸気弁モデル $M4$ により推定された筒内吸入空気流量 mc がそれぞれ直接補正され、この結果、実際の筒内吸入空気量と上記モデル $M1 \sim M5$ により得られる筒内吸入空気量 Mc の定常的な誤差が低減される。

【0148】

（実際の作動）

次に、電気制御装置 80 が筒内吸入空気量 Mc を推定するとともに、燃料噴射量 fc を決定する際の実際の作動について説明する。

【0149】

（スロットルバルブ制御）

電気制御装置 80 の CPU 81 は、図 16 にフローチャートにより示したスロットルバルブ開度を制御するためのルーチンを所定時間（1 msec）の経過毎に実行するようになっている。従って、所定のタイミングとなると、CPU 81 はステップ 1600 から処理を開始し、ステップ 1605 に進んでアクセルペダル操作量 $Accp$ を読み込む。次いで、CPU 81 はステップ 1610 に進み、同ステップ 1610 にて図 7 と同じテーブルを用いることにより上記読み込んだアクセルペダル操作量 $Accp$ に基づく暫定的な目標スロットルバルブ開度 θ_{r1} を求める。

【0150】

次に、CPU 81 はステップ 1615 に進んで変数 I を「64」に設定し、続くステップ 1620 にて記憶値 $\theta_r(I)$ に $\theta_r(I-1)$ の値を格納する。現時点では、変数 I は「64」であるから、記憶値 $\theta_r(64)$ に記憶値 $\theta_r(63)$ の値が格納される。次いで、CPU 81 はステップ 1625 に進み、変数 I が「1」と等しくなったか否かを判定する。この場合、変数 I の値は「64」であるから、CPU 81 はステップ 1625 にて「No」と判定してステップ 1630 に進み、同ステップ 1630 にて変数 I の値を「1」だけ減少し、その後上記ステップ 1620 に戻る。この結果、ステップ 1620 が実行されると、記憶値 $\theta_r(63)$ に記憶値 $\theta_r(62)$ の値が格納される。このような処理は、変数 I の値が「1」となるまで繰り返し実行される。

【0151】

その後、ステップ 1630 の処理が繰り返されて変数 I の値が「1」となると、CPU 81 はステップ 1625 にて「Yes」と判定してステップ 1635 に進み、同ステップ 1635 にて前記ステップ 1610 にて求めた現時点における暫定的な目標スロットルバルブ開度 θ_{r1} を記憶値 $\theta_r(0)$ に格納する。以上により、現時点から 1 msec 前（ $0 \text{ msec} \leq I \text{ msec} \leq 64 \text{ msec}$ 、 I は整数）の暫定的な目標スロットルバルブ開度 $\theta_r(I)$ （ $I = 64, 63, 62, \dots, 2, 1, 0$ ）が RAM 83 内に記憶されることになる。

【0152】

次に、CPU 81 はステップ 1640 に進み、同ステップ 1640 にて記憶値 $\theta_r(64)$ を最終的な目標スロットルバルブ開度 θ_r として設定し、続くステップ 1645 にて実際のスロットルバルブ開度が目標スロットルバルブ開度 θ_r と等しくなるように、スロットルバルブアクチュエータ 43a に対し駆動信号を出力し、その後ステップ 1695 にて本ルーチンを一旦終了する。

【0153】

以降においても、上記ルーチンの処理は 1 msec の経過毎に実行される。この結果、実際のスロットルバルブ開度が、所定時間 $T (= 64 \text{ msec})$ 前のアクセルペダル操作量 $Accp$ に基づく目標スロットルバルブ開度 θ_r と等しくなるように制御される。これにより、上記電子制御スロットルモデル $M1$ は、現時点から時間 $(T - T_0)$ 前の目標スロットルバルブ開度 $\theta(T - T_0)$ を、現時点から所定時間 T_0 だけ先の時刻 t におけるスロットルバルブ開度 θ_t として推定する。

【0154】

10

20

30

40

50

(スロットル通過空気流量 m_t 、吸気管内空気圧力 P_m 、吸気管内空気温度 T_m 推定) CPU 81 は、図 17 及びこれに続く図 18 にフローチャートにより示したルーチンを所定時間 (8 msec) の経過毎に実行するようになっている。従って、所定のタイミングになると、CPU 81 はステップ 1700 から処理を開始し、ステップ 1705 に進んで、図 5 に示したテーブルと同じテーブルと、エアフローメータ 61 の出力 V_g とを用いて吸入空気流量 (実吸入空気流量) m_{tAFM} を求める。

【0155】

次に、CPU 81 はステップ 1710 に進み、図 14 に示したテーブルと同じテーブルと、前回以前の本ルーチン実行時において後述するステップ 1810 にて既に求められているスロットル通過空気流量 $m_t(k)$ を前記所定時間 T_0 だけ遅延させることにより得られる現時点におけるスロットル通過空気流量 $m_t(k - T_0)$ とを用いて完全放熱量 $W_1(k)$ 、 $W_2(k)$ をそれぞれを求める。なお、本ルーチンにおいて、添え字 (k) が付された値は今回本ルーチンを実行した際に求める値を表し、添え字 $(k - 1)$ が付された値は前回本ルーチンを実行した際に求めた値を表す。

10

【0156】

次いで、CPU 81 はステップ 1715 に進んで、上記数 51 及び上記数 52 に従って時定数 τ_1 、 τ_2 をそれぞれ求めるとともに、続くステップ 1720 にて上記数 49 及び上記数 50 に従って応答放熱量 $w_1(k)$ 、 $w_2(k)$ をそれぞれ求める。なお、 Δt は本ルーチンの計算周期 (即ち、8 msec) である。次に、CPU 81 はステップ 1725 に進み、図 15 に示したテーブルと同じテーブルと、前記応答放熱量 $w_1(k)$ 、 $w_2(k)$ の和 ($w_1(k) + w_2(k)$) とを用いて現時点でエアフローメータ 61 が出力するであろう値に基づくスロットル通過空気流量 (推定吸入空気流量) m_{tes} を求める。

20

【0157】

次に、CPU 81 はステップ 1730 に進んで、前記スロットル通過空気流量 m_{tes} から前記吸入空気流量 m_{tAFM} を減じた値を偏差 $SA(k)$ として格納するとともに、続くステップ 1735 にて、その時点での (前回の) 偏差積分値 $SumSA(k - 1)$ に前記偏差 $SA(k)$ を加えた値を新たな (今回の) 偏差積分値 $SumSA(k)$ として設定する。

【0158】

次いで、CPU 81 は図 18 のステップ 1805 に進んで図 10 に示したテーブルと同じテーブルと、現時点から所定時間 T_0 だけ先の時刻 t における推定スロットルバルブ開度 θ_t とを用いて流量係数 $C_t(\theta_t)$ と開口面積 $A_t(\theta_t)$ の積値 $C_t(\theta_t) \cdot A_t(\theta_t)$ を求める。

30

【0159】

次いで、CPU 81 はステップ 1810 に進み、同ステップ 1810 にて上記数 53、又は上記数 54 にしたがってスロットル通過空気流量 m_t を計算する。この計算で使用されるスロットルバルブ上流圧力 P_a 、及び吸気温度 T_a は、それぞれ大気圧センサ 63、及び吸気温度センサ 62 から取得される。また、吸気管内空気圧力 $P_m(k - 1)$ 、及び吸気管内空気温度 $T_m(k - 1)$ は、前回の本ルーチン実行時において後述するステップ 1815 にて求められた値 $P_m(k)$ 、及び $T_m(k)$ であり、偏差積分値 $SumSA(k)$ は前記ステップ 1735 で求められた値である。

40

【0160】

次に CPU 81 はステップ 1815 に進み、上記数 17 及び上記数 18 を積分して離散化した下記数 57 及び下記数 58 に基づいて吸気管内空気圧力 $P_m(k)$ 、及び吸気管内空気温度 $T_m(k)$ を求めた後、ステップ 1895 に進んで本ルーチンを一旦終了する。なお、下記数 57 及び数 58 において、 Δt は本ルーチンの計算周期 (即ち、8 msec) である。

【0161】

【数 57】

$$\frac{P_m}{T_m}(k) = \frac{P_m}{T_m}(k-1) + \Delta t \frac{R}{V_m} (m_t(k-1) - m_c AVE(k-1))$$

【0162】

【数58】

$$P_m(k) = P_m(k-1) + \Delta t \kappa \frac{R}{V_m} (m_t(k-1) T_a - m_c AVE(k-1) T_m(k-1))$$

【0163】

実際には、CPU81は、上記数57にて P_m/T_m を求め、これと上記数58により求めた P_m とから T_m を求める。なお、数57及び数58における $m_c AVE(k-1)$ は、後述する1msルーチンで求められる筒内吸入空気流量 m_c の平均値である。 10

【0164】

(筒内圧力 P_c 、筒内吸入空気流量 m_c 、筒内吸入空気量 M_c 等の推定)

CPU81は、図19及びこれに続く図20にフローチャートにより示したルーチンを所定時間(1ms)の経過毎に実行するようになっている。従って、所定のタイミングになると、CPU81はステップ1900から処理を開始し、ステップ1905に進んで前記時刻 t におけるバルブリフト量 L と、図11に示したテーブルと同じテーブルとに基づいて、上記数55及び上記数56にて使用する積値 $C_v(L) \cdot A_v(L)$ を求め、続くステップ1910にて同数55又は同数56にしたがって筒内吸入空気流量 $m_c(t)$ を計算する。 20

【0165】

ここで、 $P_m(k)$ 、及び $T_m(k)$ は、前述のステップ1815にてそれぞれ求められた吸気管内空気圧、及び吸気管内空気温度であり、 $T_c(t)$ は、前回の本ルーチン実行時において後述するステップ2045で設定された値である。また、 $SumSA(k)$ は上述した図17のステップ1735で求められた偏差積分値であり、 $P_c(t)$ は前回の本ルーチン実行時において後述するステップ1925で設定された値である。

【0166】

次に、CPU81はステップ1915に進み、同ステップ1915にて上記数43にしたがって筒内圧力 $P'_c(t + \Delta t)$ を求める。 Δt は本ルーチンの計算周期(即ち、1ms)である。また、 $m_c(t)$ は前記ステップ1910で求められた値である。 30

【0167】

次いで、CPU81はステップ1920に進み、上記数46にしたがって筒内圧力 $P_c(t + \Delta t)$ を求め、続くステップ1925にて今回求めた筒内圧力 $P'_c(t + \Delta t)$ 、及び筒内圧力 $P_c(t + \Delta t)$ を、次の本ルーチンの演算のためにそれぞれ筒内圧力 $P'_c(t)$ 、及び筒内圧力 $P_c(t)$ に格納する。

【0168】

次いで、CPU81は図20に示したステップ2005に進み、時刻 t が吸気弁23が閉状態から開状態へと変化した直後の時点であるか否かを判定し、閉状態から開状態へと変化した直後であれば、ステップ2010にて変数 Z の値を「0」として初期化し、ステップ2015にてその時点で求められている筒内圧力 $P'_c(t)$ を吸気弁23が開弁した時(吸気弁開時)の筒内圧力 $P_c(t_0)$ として格納する。そして、CPU81はステップ2020にて時刻 t のシリンダ容積 $V_c(t)$ を吸気弁開時のシリンダ容積 $V_c(t_0)$ として格納し、続くステップ2025にて吸気弁開時からの筒内吸入空気量 M_{c1} の値を値 M_{c0} (初期値、例えば「0」)に設定してステップ2030に進む。一方、時刻 t が吸気弁23が閉状態から開状態へと変化した直後の時点でなければ、CPU81はステップ2005にて「No」と判定して直接2030に進む。 40

【0169】

次に、CPU81はステップ2030にて時刻 t において吸気弁23が開状態にあるか否かを判定する。いま、時刻 t が吸気弁23が閉状態から開状態になった直後に相当してい 50

れば、CPU81はステップ2030にて「Yes」と判定してステップ2035に進み、同ステップ2035にて変数Zに値 $P_c'(t) \cdot dV_c(t) / dt \cdot \Delta t$ の値を加えて同変数Zを更新する。これにより、変数Zは値 $P_c'(t) \cdot dV_c(t) / dt$ の積分値相当量となる。続いて、CPU81はステップ2040にて吸気弁開時からの筒内吸入空気量 M_{c1} に $m_c(t) \cdot \Delta t$ を加えた値を新たな筒内吸入空気量 M_{c1} として格納し、ステップ2045に進んで下記数59に基づき筒内空気温度 $T_c(t)$ を求め、ステップ2095にて本ルーチンを一旦終了する。

【0170】

【数59】

$$T_c(t) = P_c(t) \cdot V_c(t) / (M_{c1} \cdot R)$$

10

【0171】

上記ステップ2030～2045の処理は、吸気弁23が開弁している間、継続されるので、値 $P_c'(t) \cdot dV_c(t) / dt \cdot \Delta t$ の総和を示す変数Z、吸気弁開時からの筒内吸入空気量 M_{c1} 、及び筒内空気温度 $T_c(t)$ が更新されて行く。

【0172】

その後、所定の時間が経過して時刻tが吸気弁23が開状態から閉状態に変化した直後の時刻になると、CPU81はステップ2005及びステップ2030に進んだとき、何れも「No」と判定してステップ2050に進み、同ステップ2050にて吸気弁23が開状態から閉状態に変化した直後であるか否かを判定する。そして、この場合、CPU81はステップ2050にて「Yes」と判定し、ステップ2055に進んで一吸気行程における筒内吸入空気量 M_c を上記数48にしたがって推定する。

20

【0173】

その後、CPU81はステップ2060に進み、上記求めた筒内吸入空気量 M_c をクランク角 180° CAに相当する時間 T_{180CA} で除して、筒内吸入空気量 M_c の平均値 $m_{cAVE}(k-1)$ を求め、続くステップ2065にて筒内吸入空気量 M_c の平均値 $m_{cAVE}(k-1)$ に設定空燃比により変化する係数Kを乗じて燃料噴射量 f_c を求める。なお、筒内吸入空気量 M_c の平均値 $m_{cAVE}(k-1)$ は、筒内吸入空気量 M_c に比例しているから、燃料噴射量 f_c は数2にしたがって計算されることになる。そして、CPU81はステップ2095に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0174】

30

また、時刻tが、吸気弁32が閉状態から開状態に変化した直後の時刻でなく、且つ開状態から閉状態への変化した直後の時刻でなく、且つ同吸気弁32が閉状態にある時刻である場合、CPU81は図19のステップ1900～1925の処理を実行後、図20のステップ2005、2030、2050にて全て「No」と判定してステップ2095に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0175】

以上により、筒内吸入空気量 M_c が各モデルを用いて推定され、これに応じた燃料噴射量 f_c が決定される。そして、CPU81は、図示しない燃料噴射ルーチンを所定のタイミングにて実行し、前記決定された燃料噴射量 f_c だけ燃料を噴射する。

【0176】

40

以上説明したように、本発明による筒内吸入空気量推定装置を含む燃料噴射量制御装置の実施形態によれば、シリンダモデルM5により筒内圧力 P_c と筒内空気温度 T_c とが求められ、これらの値が吸気弁モデルM4に提供される。従って、吸気弁モデルM4は、従来のように多くの変数によるテーブル検索に基づくのではなく、上記数22、23（実際には、上記数55、56）にしたがった数値計算により筒内吸入空気流量 m_c （従って、筒内吸入空気量 M_c ）を求めることができる。この結果、テーブル値の適合に要する労力を低減することができるとともに、精度良く燃料噴射量 f_c を求めることができた。

【0177】

また、オブザーバOBSにより、スロットル通過空気流量（推定吸入空気流量） m_{tes} と吸入空気流量（実吸入空気流量） m_{tAFM} との偏差SA（上記偏差積分値 $SumSA$

50

）が「0」になるように、同偏差SAに基いてスロットルモデルM2により推定されたスロットル通過空気流量 m_t 、及び吸気弁モデルM4により推定された筒内吸入空気流量 m_c がそれぞれ直接補正される。従って、スロットル通過空気流量 m_{tes} が吸入空気流量 m_{tAFM} よりも小さい場合、上記吸気管モデルM3により推定される吸気管内空気圧力 P_m を増大せしめることなく、直接的に筒内吸入空気流量（推定吸気弁通過空気流量） m_c を増大せしめることができ、その結果、筒内吸入空気量 M_c を増大せしめることが可能となる。

【0178】

従って、内燃機関がスロットルバルブ開度が最大の開度で一定となるスロットル全開定常運転状態にある場合であっても、スロットル通過空気流量 m_{tes} と吸入空気流量 m_{tAFM} との大小関係に拘わらず実際の筒内吸入空気量と推定された筒内吸入空気量 M_c との定常的な誤差を確実に低減することができ、その結果、適正な燃料噴射量 f_c を得ることで内燃機関により燃焼される混合気の空燃比を精度良く狙いの値とすることができた。

【0179】

本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記実施形態では、補正手段としてのオブザーバOBSは、スロットルモデルM2により推定されたスロットル通過空気流量 m_t 、及び吸気弁モデルM4により推定された筒内吸入空気流量 m_c をそれぞれ直接補正しているが、スロットル通過空気流量（推定吸入空気流量） m_{tes} と吸入空気流量（実吸入空気流量） m_{tAFM} との偏差SA（上記偏差積分値SumSA）が「0」になるように、同偏差SAに基いて、上記数3及び数4にて使用する流量係数 $C_t(\theta_t)$ と開口面積 $A_t(\theta_t)$ の積値 $C_t(\theta_t) \cdot A_t(\theta_t)$ 、及び上記数22及び数23にて使用する流量係数 $C_v(L)$ と開口面積 $A_v(L)$ の積値 $C_v(L) \cdot A_v(L)$ を補正し、その結果として、上記スロットル通過空気流量 m_t 、及び上記筒内吸入空気流量 m_c をそれぞれ補正してもよい。

【0180】

また、上記実施形態の各モデルの他、排気弁を介してシリンダ21内に流入する空気流量 m_e を推定するための排気弁モデルを追加採用することもできる。この場合、図21に示したように、排気弁モデルM7はシリンダモデルM5に対して接続され、吸気弁モデルM4と同様な導出過程を経て得られた下記数60、及び下記数61により表される。なお、数60、及び数61において、 P_e は排気管内空気圧力、 T_e は排気管内空気温度であり、数60は排気系からシリンダ21内に空気が流入する場合（ $P_c < P_e$ ）、下記数61はシリンダ21から排気系に空気が流出する場合（ $P_c > P_e$ ）に用いられる。この結果、上記空気流量 m_e は、排気系からシリンダ21内に空気が流入する場合に正の値を、シリンダ21から排気系に空気が流出する場合に負の値をそれぞれ採るように計算される。なお、この場合、排気管内空気圧力を検出するセンサ、及び排気管内空気温度を検出するセンサを設けることが望ましい。

【0181】

【数60】

$$m_e = C_v(L)A_v(L)P_e \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_e}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_c}{P_e} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2}$$

【0182】

【数61】

$$m_e = -C_v(L)A_v(L)P_c \sqrt{\frac{\kappa+1}{2\kappa RT_c}} \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)^2 - \left(\frac{P_e}{P_c} - \frac{1}{\kappa+1}\right)^2}$$

【0183】

また、上記実施形態においては、インジェクタ 39 は吸気ポート 31a, 31b に向けて燃料を噴射するようになっていたが、燃焼室 25 内に直接噴射するように構成されていてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による筒内吸入空気量推定装置を含む燃料噴射量制御装置を火花点火式多気筒内燃機関に適用したシステムの概略構成図である。

【図 2】図 1 に示した特定の気筒の燃焼室、及び同燃焼室の近傍部分を示す概略平面図である。

【図 3】図 1 に示したエアフローメータの概略斜視図である。

【図 4】図 3 に示したエアフローメータの熱線計量部の拡大斜視図である。

【図 5】図 1 に示した CPU が参照するエアフローメータの出力と吸入空気流量との関係を規定したテーブルを示したグラフである。

【図 6】図 1 に示した電気制御装置が筒内吸入空気量を推定するために採用した各種モデルの接続関係を示した機能ブロック図である。

【図 7】図 1 に示した CPU が参照するアクセルペダル操作量と目標スロットルバルブ開度との関係を規定したテーブルを示したグラフである。

【図 8】スロットルバルブ開度と流量係数との関係を規定したテーブルを示したグラフである。

【図 9】スロットルバルブ開度と開口面積との関係を規定したテーブルを示したグラフである。

【図 10】スロットルバルブ開度と、流量係数と開口面積の積値との関係を規定したテーブルを示したグラフである。

【図 11】バルブリフト量と、流量係数と開口面積の積値との関係を規定したテーブルを示したグラフである。

【図 12】シリンダモデルを表すために使用する変数を説明するためシリンダ及びその近傍を概念的に示した図である。

【図 13】シリンダモデルによるシリンダ内圧力の計算結果について説明するためのタイムチャートである。

【図 14】図 1 に示した CPU が参照するスロットル通過空気流量と完全放熱量との関係を規定したテーブルを示したグラフである。

【図 15】図 1 に示した CPU が参照する応答放熱量の和とエアフローメータが出力するであろう値に基づくスロットル通過空気流量との関係を規定したテーブルを示したグラフである。

【図 16】図 1 に示した CPU が実行するスロットルバルブを制御するためのルーチンを示したフローチャートである。

【図 17】図 1 に示した CPU が 8 msec 毎に実行するルーチンの前半部を示したフローチャートである。

【図 18】図 1 に示した CPU が 8 msec 毎に実行するルーチンの後半部を示したフローチャートである。

【図 19】図 1 に示した CPU が 1 msec 毎に実行するルーチンの前半部を示したフローチャートである。

【図 20】図 1 に示した CPU が 1 msec 毎に実行するルーチンの後半部を示したフローチャートである。

【図 21】本発明による燃料噴射量制御装置（筒内吸入空気量推定装置）の実施形態の他の変形例を示した機能ブロック図である。

【図 22】本出願人が検討している燃料噴射量制御装置（筒内吸入空気量推定装置）の機能ブロック図である。

【符号の説明】

10…火花点火式多気筒内燃機関、20…シリンダブロック部（エンジン本体部）、25…燃焼室、31…吸気ポート、32…吸気弁、33…可変吸気タイミング装置、39…イ

10

20

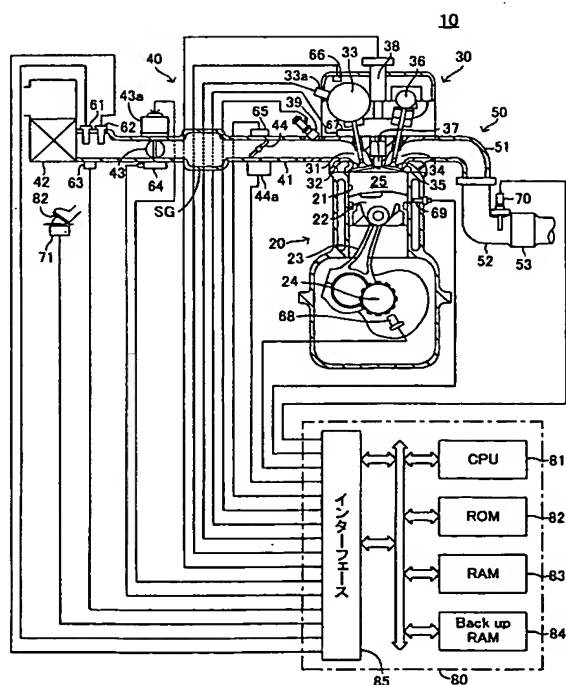
30

40

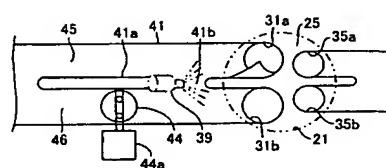
50

ンジェクタ、41…吸気管、43…スロットルバルブ、44…スワールコントロールバルブ、44a…SCVアクチュエータ、61…エアフローメータ、80…電気制御装置、81…CPU、M1…電子制御スロットルモデル、M2…スロットルモデル、M3…吸気管モデル、M4…吸気弁モデル、M5…シリンダモデル、M6…エアフローメータモデル。

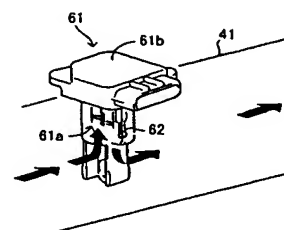
【図1】



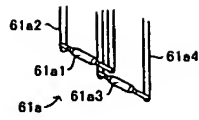
【図2】



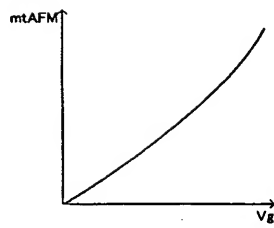
【図3】



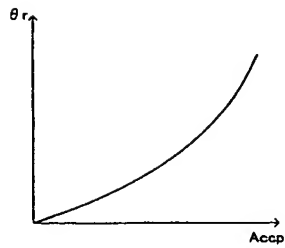
【図 4】



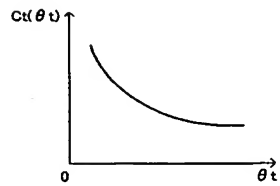
【図 5】



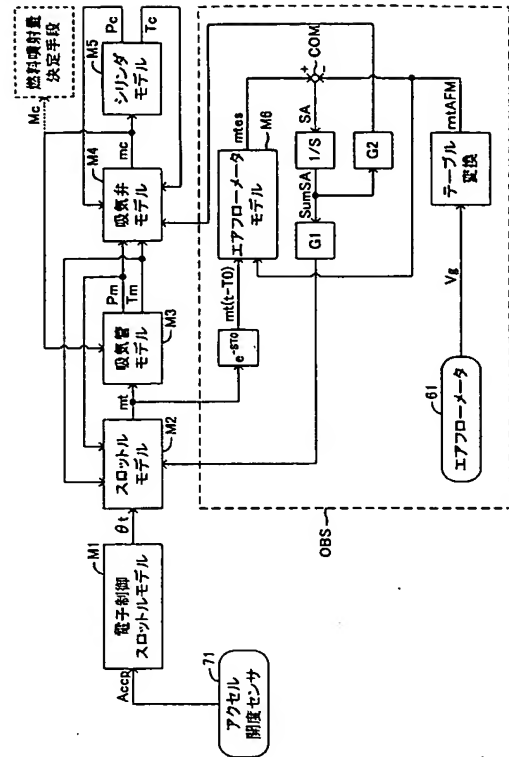
【図 7】



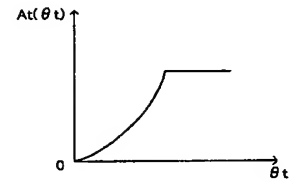
【図 8】



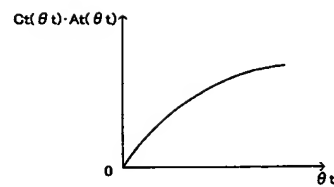
【図 6】



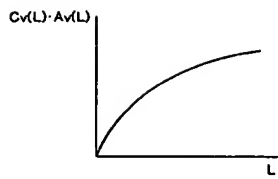
【図 9】



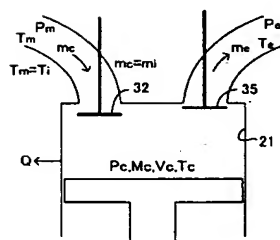
【図 10】



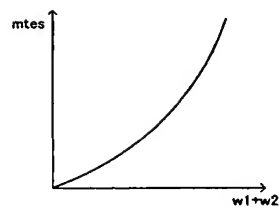
【図 1 1】



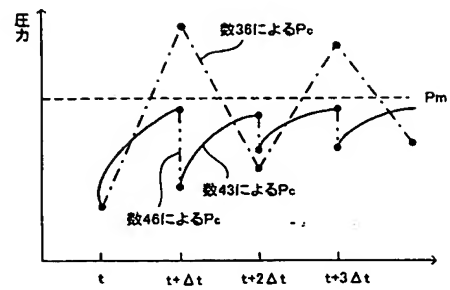
【図 1 2】



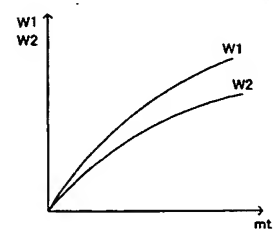
【図 1 5】



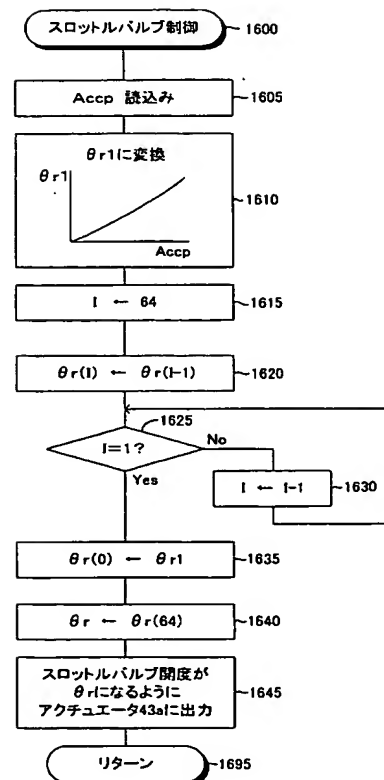
【図 1 3】



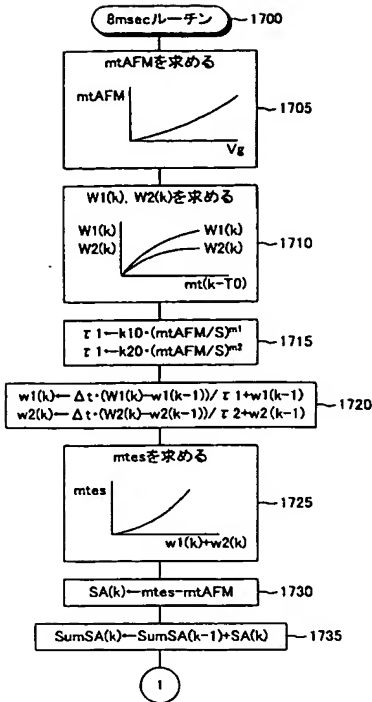
【図 1 4】



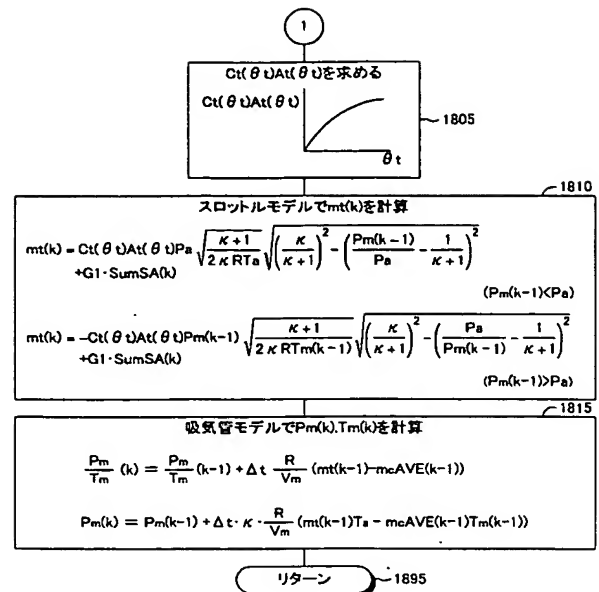
【図 1 6】



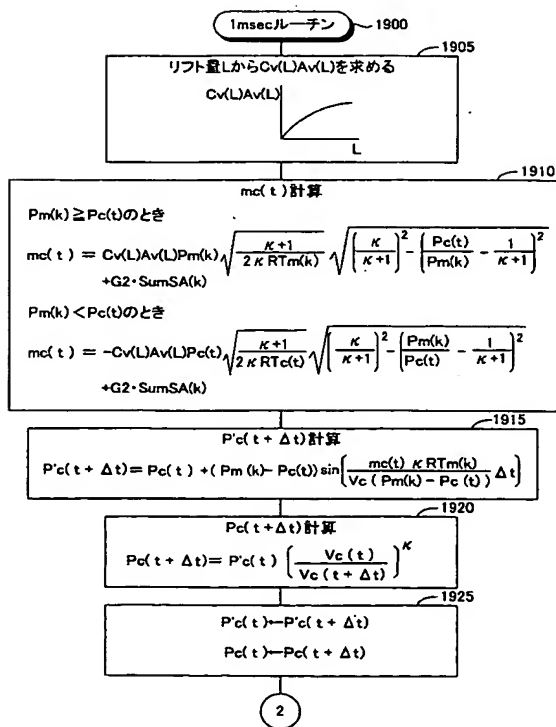
【図 17】



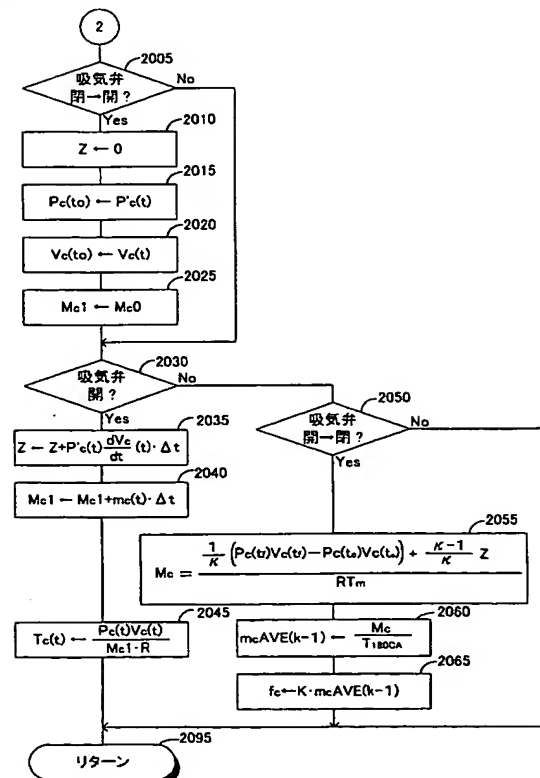
【図 18】



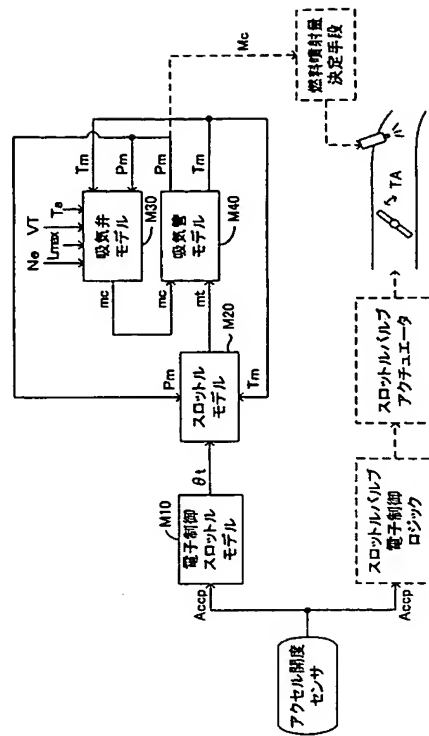
【図 19】



【図 20】



【 図 2 2 】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.